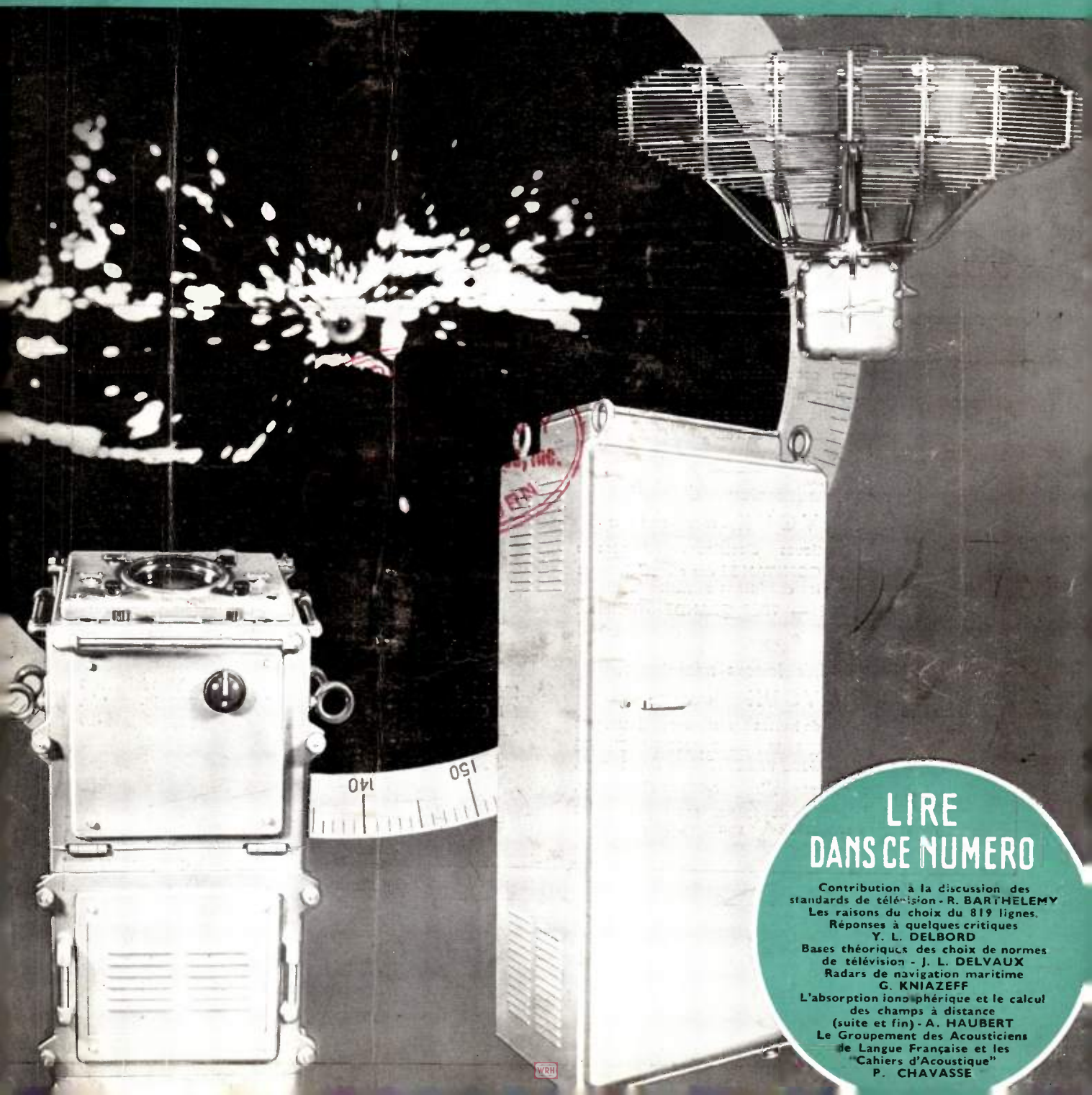
L'ONDE ÉLECTRIQUE

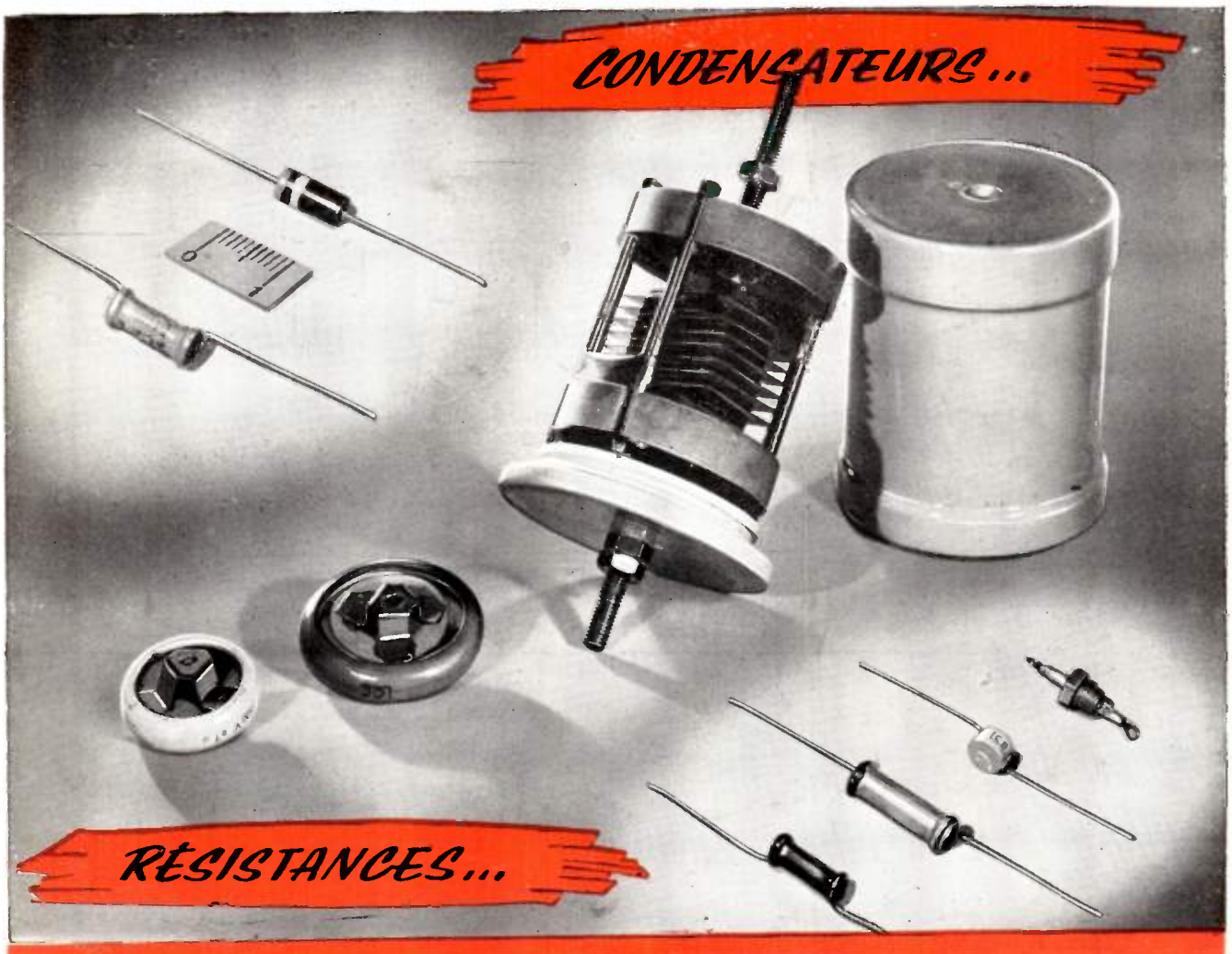
29e ANNEE No 266
MAI 1949
PRIX : 160 FRANCS

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS
ÉTIENNE CHIRON, ÉDITEUR, 40, RUE DE SEINE, PARIS-6e



LIRE DANS CE NUMERO

Contribution à la discussion des standards de télévision - R. BARTHELEMY
Les raisons du choix du 819 lignes. Réponses à quelques critiques
Y. L. DELBORD
Bases théoriques des choix de normes de télévision - J. L. DELVAUX
Radars de navigation maritime
G. KNIAZEFF
L'absorption ionosphérique et le calcul des champs à distance (suite et fin) - A. HAUBERT
Le Groupement des Acousticiens de Langue Française et les "Cahiers d'Acoustique"
P. CHAVASSE



QUAND il s'agit de condensateurs, l'expérience des fabrications professionnelles a définitivement démontré le rendement supérieur des céramiques dans tous les circuits H.F. comme dans les autres.

•

Les Nouveaux Condensateurs d'Emission

SAFCO-TRÉVOUX *au mica*

possèdent les caractéristiques électriques suivantes :

- FAIBLES pertes H. F. — CONSTANCE des caractéristiques quelles que soient les conditions climatiques.
- TRÈS LONGUE DURÉE — TRÈS GRANDE STABILITÉ.

•

Les Nouvelles Résistances miniatures

SAFCO-TRÉVOUX *assurent*

pour un format très réduit de hautes performances électriques

- TRÈS FAIBLE NIVEAU DE BRUIT — GRANDE SÉCURITÉ de fonctionnement — GRANDE PRÉCISION de l'étalonnage.
- STABILITÉ quelles que soient les conditions climatiques.

Les conceptions électriques de nos fabrications leur assurent le meilleur facteur de sécurité. Leur construction mécanique leur permet de supporter les plus sévères traitements.

•

C'est pourquoi vous utilisez...
et vous utiliserez toujours davantage...

SAFCO-TRÉVOUX

CONDENSATEURS · RÉSISTANCES

SOCIÉTÉ ANONYME
AU CAPITAL DE
48.000.000 de FRS

40, Rue de la Justice
PARIS - 20e Ar.
Tél. : MÉN. 96-20

USINES A PARIS — SAINT-OUEN — MONTREUIL-SOUS-BOIS TREVOUX

AG. PUBLÉDITEC DOMENACH

Régisseur exclusif de la Publicité de l'Onde Electrique : Agence-Publéditec-Domenach, 21, Rue des Jeuneurs, PARIS-2e, Tél. CENtral 97-63

L'ONDE ÉLECTRIQUE

Revue Mensuelle publiée par la Société des Radioélectriciens
avec le concours du Centre National de la Recherche Scientifique

ABONNEMENT, D'UN AN
FRANCE. . . . . 1650 »
ÉTRANGER. . . . . 1950 »

ÉDITIONS
Etienne CHIRON
40, Rue de Seine — PARIS (6e)
C. C. P. PARIS 53-35

Prix du Numéro :
160 francs

Vol. XXIX — MAI 1949 — Numéro 266

SOMMAIRE

		Pages
Contribution à la discussion des standards de télévision.....	R. BARTHELEMY	181
Les raisons du choix du 819 lignes. — Réponses à quelques critiques	Y. L. DELBORD	185
Bases théoriques des choix de normes de télévision	J. L. DELVAUX	193
Radars de navigation maritime	G. KNIAZEFF	202
L'absorption ionosphérique et le calcul des champs à distance.... (*Suite et fin*)	A. HAUBERT	216
Le Groupement des Acousticiens de Langue Française et les " Cahiers d'Acoustique ".....	P. CHAVASSE	227
Analyses		11 à 14 A

Sur la couverture :

Radar de navigation maritime construit par la Société " Les Laboratoires Radioélectriques ".

Les opinions émises dans les articles ou comptes-rendus publiés dans L'Onde Electrique *n'engagent que leurs auteurs*

SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS

FONDATEURS

† Général FERRIÉ, Membre de l'Institut.

† H. ABRAHAM, Professeur à la Sorbonne.
† A. BLONDEL, Membre de l'Institut.
P. BRENOT, Directeur à la Cie Générale de T. S. F.
J. CORNU, Chef de bataillon du Génie e. r.
† A. PÉROT, Professeur à l'Ecole Polytechnique.
† J. PARAF, Directeur de la Sté des Forces Motrices de la Vienne
La Société des Ingénieurs Coloniaux.

BUTS ET AVANTAGES OFFERTS

La Société des Radioélectriciens, fondée en 1921 sous le titre « Société des Amis de la T. S. F. », a pour buts (art. 1 des statuts) :

1° De contribuer à l'avancement de la Radiotélégraphie théorique et appliquée, ainsi qu'à celui des Sciences et Industries qui s'y rattachent;

2° D'établir et d'entretenir entre ses membres des relations suivies et des liens de solidarité.

Les avantages qu'elle offre à ses membres sont les suivants

1° Service gratuit de la revue mensuelle *l'Onde Électrique*;

2° Réunions mensuelles, avec conférences, discussions et expériences sur tous les sujets d'actualité technique ;

3° Visites de diverses installations radio-électriques : stations d'émission et de réception, postes de navires et d'avions, laboratoires, radiophares expositions, studios, etc. ;

4° Renseignements de tous ordres (joindre un timbre pour la réponse).

COTISATIONS

Elles sont ainsi fixées
1° Membres titulaires, particuliers ..... 1.000 fr.
— sociétés ou collectivités..... 5.000 fr.
2° Membres titulaires, agés de moins de vingt-cinq ans, en cours d'études ..... 500 fr.
Les membres de ces deux catégories, résidant à l'étranger, doivent verser en plus un supplément pour frais postaux de 300 fr.
3° Membres à vie :
Les particuliers, membres titulaires, peuvent racheter leur cotisation annuelle par un versement unique égal à quinze fois le montant de cette cotisation, soit ..... 15.000 fr.
4° Membres donateurs:
Seront inscrits en qualité de donateurs, les membres qui auront fait don à la Société, en plus de leur cotisation, d'une somme égale au moins à ..... 3.000 fr.
5° Membres bienfaiteurs :
Auront droit au titre de « Bienfaiteurs », les membres qui auront pris l'engagement de verser pendant cinq années consécutives, pour favoriser les études ou publications techniques ou scientifiques de la Société une subvention d'au moins ..... 10.000 fr.

Adresser la correspondance administrative et technique, et effectuer le versement des cotisations à l'adresse suivante

SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS
14, avenue Pierre-Larousse, Malakoff (Seine)
Tél. : ALÉSIA 04-16 — Compte de chèques postaux n° 697-88
Les correspondants sont priés de rappeler chaque fois le numéro d'inscription porté sur leur carte.
CHANGEMENTS D'ADRESSE : Joindre 20 francs à toute demande.

SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS

PRÉSIDENTS D'HONNEUR

R. MESNY (1935) — † H. ABRAHAM (1940).

ANCIENS PRÉSIDENTS DE LA SOCIÉTÉ

MM.

1922 M. DE BROGLIE, Membre de l'Institut.
1923 H. BOUSQUET, Prés. du Cons. d'Adm. de la Cie Gle de T. S. F.
1924 R. DE VALBREUZE, Ingénieur.
1925 † J.-B. POMEY, Inspecteur général des P. T. T.
1926 E. BRYLINSKI, Ingénieur.
1927 † Ch. LALLEMAND, Membre de l'Institut.
1928 Ch. MAURAIN, Doyen de la Faculté des Sciences de Paris
1929 † L. LUMIÈRE, Membre de l'Institut.
1930 Ed. BELIN, Ingénieur.
1931 C. GUTTON, Membre de l'Institut.
1932 P. CAILLAUX, Conseiller d'Etat.
1933 L. BRÉGUET, Ingénieur.
1934 Ed. PICAULT, Directeur du Service de la T. S. F.
1935 R. MESNY, Professeur à l'Ecole Supérieure d'Electricité.
1936 R. JOUAUST, Directeur du Laboratoire Central d'Electricité.
1937 F. BEDEAU, Agrégé de l'Université, Docteur ès sciences.
1938 P. FRANCK, Ingénieur en chef de l'Aéronautique.
1939 † J. BETHENOD, Membre de l'Institut.
1940 † H. ABRAHAM, Professeur à la Sorbonne.
1945 L. BOUTHILLON, Ingénieur en chef des Télégraphes.
1946 R.P. P. LEJAY, Membre de l'Institut.
1947 R. BUREAU, Directeur du Laboratoire National de Radioélectricité.
1948 Le Prince Louis de BROGLIE.

BUREAU DE LA SOCIÉTÉ

Président :

M. M. PONTE, Directeur général adjoint de la Cie Gle de T. S. F.

Vice-Présidents :

MM. P. ABADIE, Ingénieur en chef au L. N. R.
G. LEHMANN, Ingénieur-Conseil.
De MARE, Ingénieur.

Secrétaire général :

M. R. RIGAL, Inspecteur général adjoint des P. T. T.

Trésorier :

M. R. CABESSA, Ingénieur au L. C. T.

Secrétaires :

MM. L. J. LIBOIS, Ingénieur des P. T. T.
M. PIRON, Ingénieur du Génie Maritime.
J. DOCKES, Ingénieur des P. T. T.

SECTIONS D'ÉTUDES

N°	Dénomination	Présidents	Secrétaires
1	Etudes générales.	M. DE MARE.	M. FROMY.
2	Matériel radioélectr.	M. AUBERT.	M. ADAM.
3	Electro-acoustique.	M. BEDEAU.	M. POINCELOT.
4	Télévision	M. MALLEIN.	M. ANGEL.
5	Hyperfréquences.	M. GOUDET.	M. GUÉNARD
6	Electronique.	M. LÉAUTÉ	M. BRACHET.
7	Documentation.	M. VILLENEUVE	M. CHARLET.

Les adhésions pour participation aux travaux des sections doivent être adressées au Secrétariat de la Société des Radioélectriciens, 10 avenue Pierre-Larousse, à Malakoff (Seine).

INFORMATIONS

UNION DES ASSOCIATIONS SCIENTIFIQUES
ET INDUSTRIELLES FRANÇAISES
19, Rue Blanche, PARIS (IXe)

EXPOSITION D'INSTRUMENTS ET DE MATÉRIEL SCIENTIFIQUE ORGANISÉ PAR LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

La Société Française de Physique organise, comme chaque année, une Exposition qui aura lieu du Samedi 4 Juin au Jeudi 9 Juin, dans les Salons de la Sorbonne.

Les constructeurs d'instruments scientifiques y exposent leurs plus récentes productions, et aussi des appareils d'usage courant (optique, spectroscopie, électronique, technique du vide, matériel d'enseignement, etc...). Certains laboratoires de Recherches exposent des des appareils et des montages en fonctionnement.

Conférence Annuelle de la Société Française de Physique

A l'occasion de l'Exposition et de la remise du Prix HOLWECK, fondé par la Physical Society, au Professeur L. F. BATES de Nottingham, la Société Française de Physique organise deux conférences à la Sorbonne (Amphithéâtre de chimie), l'une le Samedi 4 Juin, à 15 h. 30, par le Professeur BATES, à l'occasion de la cérémonie officielle de remise du Prix HOLWECK, l'autre le Lundi 6 Juin, à 10 h. 30, par le Professeur J. YVON (Strasbourg) sur le sujet suivant : " Mécanique statistique des milieux condensés ".

NOTE D'INFORMATION

Il est envisagé de créer, au soin de la section d'études générales de la Société des Radioélectriciens, un groupe d'études de mathématiques appliquées à la radioélectricité. On constate quotidiennement l'importance croissante que prennent en radioélectricité les mathématiques d'un niveau relativement élevé. C'est pourquoi il parait utile d'établir une liaison entre les travaux des mathématiciens purs et les préoccupations des ingénieurs, soucieux avant tout de commodité mathématique.

Les réunions du groupe seraient consacrées en premier lieu à des exposés originaux, mais également à des exposés de méthodes nouvelles ou à des applications nouvelles de méthodes classiques ainsi qu'à des communications concernant les méthodes modernes de calcul numérique. Les questions d'enseignement ne seraient pas oubliées et pourraient être l'occasion d'échanges de vues avec les sociétés connexes.

La première réunion de ce groupe aura lieu au mois d'octobre 1949. Le programme de cette séance séra fixé ultérieurement. D'ici là les personnes que cette nouvelle activité de la Société des Radioélectriciens pourrait intéresser sont priées de se faire connaître à l'adresse suivante.

Monsieur ROUBINE, C. F. T. H., 37, rue de Vouillé, Paris-XVe.

Le lieutenant-Colonel ANGOT a bien voulu accepter d'assurer la présidence et l'Ingénieur en chef ROBIN le secrétariat technique.

Des comptes-rendus des réunions, in-extenso ou seulement résumés selon les cas, seront envoyés aux membres de ce groupe.

DE MARE
Président de la Section d'Etudes Générales

LISTE DES NOUVEAUX MEMBRES

	Présentés par MM.
DE CONDAPPA François, étudiant à l'Ecole de Radioélectricité de Bordeaux	CAU. COMBE D'ALMA
COURRÈGES Louis étudiant à l'Ecole de Radioélectricité de Bordeaux	CAU. COMBE D'ALMA.
DESPRAT Jacques, étudiant à l'Ecole de Radioélectricité de Bordeaux	CAU. COMBE D'ALMA.
DUFFOUR Jean, étudiant à l'Ecole de Radioélectricité de Bordeaux	CAU. COMBE D'ALMA.
EISENBETH Jacques, étudiant à la Section Radio de l'E. S. E.	R. RIGAL. DAUPHIN.
FAURE Jacques, étudiant à l'école de Radioélectricité de Bordeaux	CAU. COMBE D'ALMA.

Les 5, 10 et 14 mars 1949 MM. R. BARTHELEMY, Y.-L. DELBORD et J.-L. DELVAUX ont présenté, devant les membres de la Section d'Etudes « Télévision » de la Société des Radioélectriciens, des communications relatives au standard à haute définition récemment adopté par la Télévision Française. Devant l'intérêt et l'actualité des sujets traités le Comité de Rédaction de l'*Onde Electrique* a décidé de publier dans cette revue les textes de ces trois communications ainsi que le résumé des discussions auxquelles elles ont donné lieu au cours de ces séances.

CONTRIBUTION A LA DISCUSSION DES STANDARDS DE TÉLÉVISION

PAR

R. BARTHELEMY

Membre de l'Académie des Sciences

S'il semble que cette question présente un caractère d'actualité, c'est probablement parce que l'industrie commence à s'intéresser sérieusement à la télévision. En fait, cette discussion dure depuis vingt ans, elle a toujours marqué la différence d'opinion entre ceux qui avaient obtenu certains résultats et réalisé un commencement d'appareillage, et ceux qui les avaient dépassés.

Nous devons confesser en toute franchise que nous n'avons pas toujours été parmi ces derniers. Cette longue expérience nous permet donc d'envisager avec une certaine « philosophie » les protestations, parfois violentes, que provoquent maintenant les appréciations diverses sur la finesse des images et où les mobiles commerciaux sont fortement mêlés aux raisons techniques ...

L'évolution de 1928 à 1939.

Rappelons quelques épisodes, en 1928, nous assistions chez le pionnier anglais Baird, notre ami, dont je salue ici la mémoire, à la présentation d'images composées de 24 lignes verticales.

Vous savez tous qu'en télévision l'image est découpée en languettes parallèles qu'on appelle « lignes » et qui caractérisent la finesse de l'analyse.

A ce moment-là, on se contentait de transmettre une physionomie; une image rectangulaire à exploration verticale était évidemment la plus indiquée ; en Allemagne la même disposition fut adoptée. Mais nous nous sommes placés devant le problème de la transmission du film et nous proposâmes un format rectangulaire 4/3 avec analyse à 30 lignes horizontales et la cadence 16,2/3 du cinéma muet. On peut sourire maintenant en rappelant que nous avons échangé, pendant plusieurs années, des notes avec nos collègues étrangers pour les amener à modifier leur exploration, car, à cette époque, on recevait fort bien à Paris la Télévision de Londres, voire celle de Berlin — sur ondes moyennes et il nous fallait changer de système pour passer de l'émission française aux réceptions étrangères.

Vous savez qu'en définitive, c'est bien la solution de l'analyse horizontale qui a subsisté, la B. B. C., traditionaliste, a maintenu jusqu'en 1936 le découpage vertical.

Cette question, tranchée dans un sens qui nous paraît aujourd'hui de simple évidence, nous déclarâmes, qu'avec 60 ou 90 lignes et 25 images par seconde, l'exploitation serait possible, et nous présentâmes une série d'expériences encourageantes, tant en prise de vue directe qu'en télécinéma ... Cela n'empêcha pas d'aboutir, en 1935, à la caméra de 180 lignes, modulant l'émetteur de la Tour Eiffel, de 8 mètres de longueur d'onde ...

Cette fois, c'était bien le démarrage attendu ... Mais les récepteurs reçurent des tubes cathodiques de plus en plus grands et plus brillants, on revit la trame, encore grossière, on maudit le « flicker » des 25 images par seconde.

Alors Londres présenta, fin 1936, son 405 lignes avec une exploration dite « entrelacée » évitant à peu près le scintillement à 25 périodes. Notre émetteur de Montrouge envoya, quelques mois après des images à 450 lignes également « entrelacées » Berlin avait un télécinéma à 441 lignes. Les Etats-Unis utilisèrent la même trame, puis Rome ...

Allions-nous, enfin, nous arrêter dans cette course vers la qualité et stabiliser les émissions pour construire des récepteurs en série ?

La guerre suspendit toute exploitation ; le « Radar » absorba l'activité des hommes de télévision ; mais en juin 1940, la nôtre s'arrêta dans ce domaine militaire, du moins officiellement ...

Pendant les longues années de l'occupation, retirés dans nos laboratoires, nous pûmes méditer, sans la pression d'une demande commerciale urgente, sur la forme finale à préparer pour un futur temps de paix, ceci afin d'éviter des recommencements pénibles.

Le « passé » du 1000 lignes.

On a reproché aux systèmes à haute définition le manque d'expérience et leur lancement prématuré guidé par des motifs commerciaux. C'est une idée répandue sous des formes diverses, dont l'une s'est

cristallisée dans le passage suivant d'une note que m'adressait récemment un haut fonctionnaire.

« Les manifestations du 1.029 lignes se sont limitées à du télécinéma, èxposé en local ».

Ce manque d'information appelle une mise au point qui ne sera que l'exposé de quelques souvenirs.

C'est en 1942 que nous avons décidé d'aborder la haute définition après avoir construit un amplificateur sensiblement apériodique destiné aux mesures entre 25 et 10 millions de périodes.

M. Mandel prépara un appareillage d'analyse passant 15 mégacycles et le Service des tubes cathodiques avec M. Monnot construisit un iconoscope et un tube récepteur, à faisceau particulièrement fin, fonctionnant avec des tensions plus élevées. Un an après une caméra de prise de vues, munie pour la première fois d'un contrôle électronique et un télécinéma procédaient aux premières expériences.

De multiples essais, avec différents nombres de lignes, de 800 à 1.100, entrelacées, et 750 séquentielles permirent non seulement de confronter les « impressions », mais d'effectuer des mesures comparatives. La question de transmission par voie radio fut abordée ; Les ingénieurs du Laboratoire réalisèrent un émetteur d'une centaine de watts avec filtre demi-bande et modulation par variation d'impédance d'une ligne accordée ; la longueur d'onde était voisine de 2 mètres. Un récepteur fut établi. Pendant plus d'un an, jusqu'en 1946 la comparaison par voies Radio et Vidéo fut présentée à des centaines de techniciens.

Des détails accompagnés de photographies ont été publiés en 1945 et 46 par M. Mandel dans « l'Onde Electrique » et le « Bulletin de la Sté Française des Electriciens ». Devant ces résultats, les Services d'Etat décidèrent la construction d'une station complète de la qualité 1.029 lignes comportant également une transmission sur câble coaxial, qui put être vérifiée sur un premier tronçon de 400 mètres.

La seule partie qui n'ait pas été l'objet d'essais pratiques est la transmission de puissance de 3 ou 5 KW dans la bande des 200 mégacycles, d'ailleurs très exploitée maintenant en Amérique. Chez nous des émissions à petite puissance ont donné d'excellents résultats et montré la faiblesse relative des parasites dûs aux voitures.

En tous cas, la solution est à la portée de la technique actuelle et, dans ces conditions, il serait peu logique de ne pas choisir la qualité maxima, puisque c'est ainsi qu'on évitera, autant que possible, les changements de matériel dans l'avenir.

La haute définition : solution générale.

Il n'est pas dans mon intention de reprendre les arguments développés depuis plusieurs années, appuyés par des expériences, pour la recherche de la qualité optima de l'image. Des auteurs, comme Mertz et Gray, Schröter, Mandel, Wheeler, Angel ont traité ce problème ; et les récentes réunions du Congrès de Télévision d'Octobre 48, ont montré un accord de la plupart des techniciens sur la nécessité de 1.000 lignes, voire 1.100 dans le cas d'écran de grandes dimensions et aussi pour l'intervention de la télévision dans les studios d'enregistrement cinématographiques.

L'expérience montre aussi que cette trame n'est pas superflue avec de bons tubes de 36 ou 40 cm. de diamètre, vus à courte distance.

Donc toute une classe d'exploitation repose sur la haute définition.

Il n'est pas cependant logique de prétendre que les appareils familiaux, présentant des écrans inférieurs à 25 centimètres nécessitent cette finesse élevée ; il faut évidemment se placer dans les conditions normales d'emploi pour juger, c'est-à-dire que les 3 personnes qu'on suppose, en moyenne, regarder l'image, en sont éloignées d'au moins 75 cm.

Dans ces conditions, la thèse américaine des 500 lignes et même anglaise à 405 est plausible, à condition toutefois que ce soient de « vraies lignes » et non celles données par un balayage entrelacé imparfait ... En particulier, la solution serait correcte avec une analyse séquentielle de 50 images complètes par seconde, et, à bande de fréquence égale, la supériorité d'un 625 lignes entrelacé sur un 450 séquentiel n'est pas évidente, surtout si l'on tient compte de la simplicité des circuits.

Les deux opinions principales qui se dessinent depuis 2 ans sont chacune fondées. L'une prétend qu'une trame de 500 lignes est suffisante pour l'exploitation des appareils dits « familiaux » c'est-à-dire comportant des images de 20 cm de côté : l'autre soutient qu'une image de qualité équivalente à celle d'une projection de cinéma nécessite environ 1.000 lignes ...

Faut-il prévoir 2 sortes de stations : l'une pour les récepteurs à petit écran, que la famille regarde à environ 1 mètre ; l'autre pour les écrans plus grands (35 à 40 cm) et les projections pour salles ?

Cette hypothèse conduirait à des installations doubles et une exploitation onéreuse et ne pourrait, par ailleurs, résoudre correctement le problème du balayage dit « entrelacé » qui manifeste son défaut sur les récepteurs bon marché par un « pairage » des lignes qui fait apparaître 250 striures horizontales, au lieu de 500.

Par contre, l'installation d'une station à 1.000 lignes fournit une solution complète. En effet, les récepteurs de haute qualité, susceptibles de créer un balayage rigoureusement entrelacé sur un écran d'assez grande dimension utilisent complètement la finesse des images transmises. Quant aux récepteurs populaires, comportant des tubes de 20 et même 30 cm de diamètre, ils peuvent se présenter sous une forme simplifiée : par l'abandon de l'entrelacé et la réduction de 50 % de la bande passante, ce qui revient à dire que ces appareils sont conçus pour une trame de 500 lignes *réelles* qui, d'après nombre de techniciens, équivaut à 700 entrelacées.

Cette simplification amène une réduction de l'ordre de 20 % du nombre de lampes par rapport au système intégral de 1.000 lignes et l'on peut même

concevoir la synchronisation d'image par le secteur. (1)

L'argument économique soulevé contre le récepteur populaire recevant la station à 1.000 lignes est donc sans valeur réelle.

Il est à remarquer qu'un tel récepteur recevra sans aucun changement la composante verte des futures images en couleurs, dont les expériences assez récentes ont montré la qualité sensiblement équivalente à la modulation « blanc-noir » (2).

La même proposition serait moins défendable en partant de la trame de 800 lignes, tant pour la définition sur les appareils populaires que la qualité sur grand écran (3). De plus l'utilisation des émetteurs probables d'images colorées nécessiterait une modification des récepteurs. En somme, la définition de 800 lignes mérite le qualificatif de « compromis » que lui a donné le Directeur de la Radiodiffusion ; elle en a les inconvénients : elle est, ou trop élevée, ou pas assez.

Par ailleurs, il faut noter que l'obtention de la trame choisie 819, comporte un diviseur 13, et les spécialistes des multivibrateurs font des réserves sur la stabilité d'un tel appareillage, qui même s'il ne « décroche » pas, présente fréquemment des variations de phase ; l'entrelacement, déjà délicat à réaliser correctement, est alors incertain.

Donc des motifs pertinents, et non pas une simple raison de prestige, comme il a été dit, ont conduit à préconiser une trame voisine de 1.000 lignes ; c'est ce qui a été accepté au début de 1947 par une réunion générale dite « Comité Mixte » (Administration de la Radiodiffusion et Constructeurs) et entériné par un arrêté du 20 juin 1947.

Des appareillages à 729, 819, 1.029, et même 1.200 chiffres choisis par des constructeurs d'analyseurs et correspondant à des commandes de l'Etat, sont terminés ou en cours d'exécution, mais leur exploitation n'a pas commencé. Il nous paraît que si un chiffre doit être officiellement choisi, *il serait normal d'attendre les résultats d'une expérience sérieuse*. Si, pour des causes extérieures à la technique, une décision doit intervenir nous suggérons *de ne pas prendre l'un des nombres de lignes des constructeurs cités ci-dessus*, et d'adopter un chiffre neutre intermédiaire. Il n'en n'existe pas beaucoup, et nous avions préconisé 945 lignes, qui cadre avec le règlement invoqué d'Atlantic City (4) et ceci nous amène au dernier point.

(1) Cette proposition a été exprimée presque simultanément, il y a un an par M. Castellani, pionnier de la Télévision en Italie, par M. Mansion, ing. français à Buenos-Ayres, et par le Pr. Schröter, de Telefunken.

(2) Exposés présentés dans une conférence à la Faculté des Sciences de Buenos Ayres, le 6 août 1948 et au Congrès International de Zurich le 7 septembre 1948.

(3) On a dit qu'à Zurich une excellente démonstration du grand écran du Pr. Fischer a été effectuée avec 729 mais on n'a pas ajouté qu'il s'agissait de 729 lignes non entrelacées, équivalente à 1000 entrelacées.

(4) Nous aurions pu également proposer 950 lignes avec notre système à déphasage interne, qui prouve sa qualité en exploitation quotidienne depuis plusieurs années ; car en supposant disposer du même temps pour la variation de phase, celle-ci est encore plus progressive avec la haute définition, puisqu'elle comporte environ deux fois plus de signaux et la dérive des oscillateurs locaux est encore mieux assurée. Nous ne l'avons pas fait pour éviter, là encore, de présenter une solution personnelle.

La haute définition et les recommandations d'Atlantic City.

Il a été dit que la définition d'environ 1.000 lignes ne permettait pas à la France de prévoir le nombre de « canaux » suffisants. Or le plan A. C. réserve à notre pays une bande totale de 54 mégacycles. Il est donc possible de loger 3 canaux de 18 mégacycles et ce nombre de 3 convient géométriquement si l'on admet, ce qui est l'opinion générale, de ne pas installer plus d'une station par grande ville. Dans ces conditions on pourrait pousser la définition jusqu'à 1.100 lignes.

Mais nous n'envisagerons pas cette éventualité, car la Radiodiffusion a préféré conserver 4 canaux dont 3 de 14 mégacycles et 1 de 12.

Malgré cette division, dont les raisons restent discutables, il est possible de maintenir une analyse correcte aux « environs » de 1.000 lignes. Nous qualifions de « correcte » une image ou la définition horizontale est équivalente à la définition verticale moyenne, notre œil ayant dans les 2 sens, le même pouvoir séparateur.

La structure discontinue des images de télévision dans le sens vertical est celle qui depuis les débuts, a suscité le plus de critiques. De nombreux travaux mathématiques et expérimentaux ont montré que la moyenne des points discernables le long d'une verticale d'image était inférieur au nombre de lignes tracées. Dans certains cas la définition peut être nulle.

Il est admis qu'on ne peut compter, en moyenne, sur un nombre de points *distincts* supérieur à 70 % du nombre de lignes utiles (Kell).

Ainsi en supposant, bien entendu, une analyse entrelacée parfaite et une perte de 10 % pour le retour des spots on s'aperçoit qu'on ne dispose que de :

315	points séparés sur une vertic. d'image à		500 l.
518	»	»	819 »
600	»	»	945 »
651	»	»	1.029 »

Compte tenu du format 4/3 des images, du temps de retour de ligne, de l'égalité des définitions dans les deux axes et de la cadence de 25 par seconde on aboutit aux largeurs de bandes de fréquences suivantes des circuits vidéo.

3	mégacycles pour	500	lignes
8	»	» 819	»
10,6	»	» 945	»
12,65	»	» 1.029	»

L'encombrement total dans l'éther est obtenu en ajoutant d'un côté, 2 mégacycles pour l'annulation de la porteuse (cas de la transmission d'une demi-bande) et de l'autre, une garde de 1,5 mégacycles comportant en son milieu la plage du son. On obtient donc le tableau suivant :

6,5	mégacycles pour	500	lignes
11,5	»	» 819	»
14,1	»	» 945	»
16,1	»	» 1.029	»

En réalité, on pourrait réduire la plage du 500 lignes car la décroissance de l'amplitude et les séparations de sécurité ne nécessitent pas les mêmes bandes que la haute définition ; le chiffre de 5 mégacycles est souvent indiqué.

On remarquera que si l'analyse à 945 lignes cadre presque rigoureusement avec la bande disponible de 14 mégacycles, la trame de 819 ne l'utilise pas entièrement. Une réponse a déjà été donnée à cette objection importante, c'est qu'il est plus utile de favoriser la définition horizontale que la définition verticale, d'après des « observations » de spectateurs.

Là, nous craignons que l'on confonde le champ et l'acuité visuels. En plus de cette erreur physiologique, l'expérience montre que l'œil est plus « choqué » par les *discontinuités* dûes au striage que par le manque de termes élevés dans la fonction *continue* qu'est le balayage horizontal, termes qui sont à la limite de notre pouvoir séparateur.

On peut se poser enfin la question de l'exploitation pratique de cet excès de détails horizontaux : en effet, les « spots » de nos tubes cathodiques, tant à l'émission qu'à la réception sont, en général, circulaires. Donc s'ils sont assez fins pour traduire des détails horizontaux plus petits que la distance inter ligne, ils laisseront entre les lignes des parties inexplorées à l'émission et un striage noir à la réception. Le spectateur s'éloignera un peu de son écran pour ne plus apercevoir cette trame de fond ; mais en même temps il n'appréciera plus les détails fins qu'on lui envoie sur la ligne horizontale.

Nous sommes ainsi assez sceptiques sur l'efficacité de cette finesse supplémentaire, même avec des déformations des faisceaux, qui restent délicates.

Il nous a donc semblé que la solution logique existait dans l'adoption d'une trame de 945 lignes, qui ne diffère que de 5 % du 1.000 lignes, et permettait de conserver tout le bénéfice d'une propagande officielle faite en 1947 et 1948, à l'étranger, à la suite de la publication du premier décret.

Nous croyons savoir, par ailleurs, que les largeurs de bande prévue en vidéo-fréquence dans les studios et celle des relais hertziens atteindront 15 mégacycles, il n'y a donc pas non plus de limitations de ce côté.

La définition « voisine de 1.000 lignes » n'est donc nullement incompatible avec le plan d'Atlantic-City, pas plus qu'avec les distributions prévues par le plan d'équipement.

En conclusion nous pensons que, si la Télévision Française est assez bien dotée pour créer 2 chaînes, l'une à définition moyenne pour les récepteurs simples, l'autre pour les récepteurs de luxe et les écrans de cinéma, satisfaction sera ainsi donnée à chacun ; mais si les crédits ne permettent qu'une seule chaîne, c'est la haute définition qu'il faut choisir, et assez élevée pour que la moitié du nombre de lignes donne encore une excellente qualité sur les récepteurs simples.

Nous souhaitons que cet exposé, j'allais écrire, ce plaidoyer, dont notre télévision naissante n'aurait pas dû avoir besoin, aura un autre résultat que de fixer les positions et quelques points d'histoire, que bien des techniciens connaissent et m'excuseront d'avoir rappelés.

COMPTE-RENDU DES DISCUSSIONS

Après avoir remercié M. BARTHELEMY, M. MALLEIN président de la Section d'Etudes « Télévision » ouvre la discussion :

— M. LAPEL demande si les systèmes à 500 lignes non entrelacées ont été expérimentées.

— Oui, répond M. BARTHELEMY, d'ailleurs, il est facile de faire l'expérience avec un nombre de lignes quelconque, en utilisant un récepteur qui n'entrelacerait pas.

A la suite d'une autre question de M. LAPEL, il est précisé que la production américaine actuelle est d'environ 1.000 tubes de 40 cm. par jour et également de 1.000 récepteurs de Télévision par jour.

M. SZEKELY préconise ensuite l'utilisation de tubes cathodiques à post-accélération qui permettent d'obtenir un spot presque carré, moyennant une légère défocalisation sur les bords. Il s'agirait alors de tubes de petites dimensions qui seraient observés au travers d'un système optique simple.

Le bénéfice maximum ne pourra être tiré de ces tubes qu'après résolution complète des problèmes de chevauchement des lignes, d'amélioration du champ de vision et de défilement de la trame entrelacée.

La question des lampes travaillant à fréquence élevée est soulevée.

M. MALLEIN précise que des conférences auront lieu prochainement sur ces sujets.

Enfin, M. LAPEL pose la question des brouillages à grandes distances, et M. MALLEIN précise que d'ici peu nous aurons des informations provenant des Etats-Unis où cette question est particulièrement cruciale : on sait déjà que l'affaiblissement de protection semble pouvoir être réduit substantiellement par la synchronisation des ondes à haute fréquence émises.

LES RAISONS DU CHOIX DU 819 LIGNES RÉPONSES A QUELQUES CRITIQUES

PAR

Y.-L. DELBORD

Il est remarquable que, jusqu'à présent, aucun exposé n'ait été fait sur les raisons qui ont motivé le choix de l'administration : ces raisons tiennent d'ailleurs en peu de mots. Personne ne m'a chargé de les expliquer et c'est seulement à titre personnel et parce que j'ai eu l'honneur d'assister à un certain nombre de conférences relatives à ces normes, tant en France qu'à l'étranger, que j'ai cru nécessaire d'informer mes collègues de la Société des Radioélectriciens. Certains des arguments que je donnerai sont un peu en contradiction avec les arguments de l'administration et je m'en excuse auprès de la Direction Générale de la Radiodiffusion Française.

Ayant brièvement donné les raisons techniques fondamentales du choix de l'administration, je ferai le tour des critiques que j'ai eu l'occasion d'entendre formuler, directement ou indirectement, par des Hollandais, des Américains et aussi des Français.

Avant de clore ce préambule j'ajouterai que lors des premières réunions de normalisation les propositions des constructeurs étaient tout à fait divergentes : par exemple, les nombres de lignes proposés s'échelonnaient entre 405 et 1029 en passant par 729, les fréquences porteuses entre 45 et 1300 Mc/s ; la modulation négative avait encore des défenseurs. Les formes de signaux de synchronisation d'image préconisées étaient également très différentes : impulsions larges uniques, impulsions doubles, impulsions multiples, impulsions modulant en fréquence l'onde porteuse, etc... Il est à noter que tous les constructeurs sans exception, ont dû abandonner certains éléments des normes qu'ils proposaient et que la plupart, en vue de l'intérêt général, se sont inclinés de bonne grâce devant les arguments de leurs concurrents ou de l'administration.

I. — Choix des nouvelles normes françaises.

Les premières expériences françaises en télévision à moyenne définition (455 lignes) remontent à 1936. A cette époque plusieurs équipements furent construits et les résultats obtenus comparés pour diverses distances. L'un des constructeurs proposait des normes voisines des normes américaines (modulation négative). Ce système fut définitivement écarté car il donnait de moins bons résultats que des normes voisines des normes anglaises.

Pendant l'occupation les expériences faites avec les normes allemandes montrèrent la possibilité de simplifier les signaux français de 1939. Les nouvelles normes tiennent compte de ces résultats et sont les plus simples que l'on puisse concevoir en ce qui concerne la forme des signaux de synchronisation.

La Société Philips, après discussion avec des sociétés anglaises alliées, vient d'adopter la modulation positive, je n'insisterai pas sur les avantages de ce système. Les sociétés anglaises ont donc su se montrer plus convaincantes ou plus pressantes et nous devons nous réjouir sans réserve de ce rapprochement des caractéristiques néerlandaises et françaises.

a) *Visibilité de la trame.*

Les spectateurs critiquent unanimement les systèmes dans lesquels la trame est visible, c'est-à-dire des systèmes dans lesquels le nombre de lignes est 405, 455, 525, etc... Le calcul et l'expérience prouvent que la trame cesse d'être apparente quand le nombre de lignes existant sur la partie visible de l'image dépasse 600 ou 650 selon la luminosité de l'image ; ce chiffre correspond à des systèmes à 650 ou 700 lignes et l'on savait, dès 1943, que le nombre de lignes à adopter dépasserait 700. L'administration française commanda trois équipements fonctionnant respectivement sur 729, 819 et 1029 lignes.

b) *Qualité des images.*

Avec 819 lignes la qualité des images était équivalente à celle du meilleur cinéma d'amateur (format 16 mm) par contre, l'appareil à 1029 lignes n'atteignait pas la qualité du cinéma (format 35 mm) Puisque les émissions de télévision radiodiffusées étaient destinées aux particuliers et non aux cinémas il semblait évident que l'on pouvait s'en tenir à un nombre de lignes de l'ordre de 800.

c) *Nombre de lignes produit de trois nombres premiers entre eux.*

Parmi les nombres possibles autour de cette valeur un seul répondait à la formule souhaitée « produit de trois nombres premiers entre eux » c'était 819 ($7 \times 9 \times 13$) . Pourquoi cette exigence ? Parce que dans la construction des générateurs de signaux destinés au réglage des récepteurs un type de diviseur de fréquence demande cette propriété mathématique des diviseurs.

Pour ne pas favoriser certains constructeurs il était nécessaire de choisir la solution qui permettait la « division par coïncidence » puisqu'elle convenait également aux autres types de diviseurs (diviseurs en cascade) et que la réciproque n'est pas vraie.

d) *Plus grande vidéo fréquence requise.*

Le nombre de lignes étant choisi, pour que les images soient satisfaisantes du point de vue symétrie des définitions horizontales et verticales on était conduit à choisir 10 Mc/s, comme limite supérieure de fréquence. Il fut observé au cours des expériences qu'il était préférable d'accroître la définition horizontale : l'œil attachait plus d'importance aux détails verticaux des images pour des raisons psychologiques sur lesquelles je reviendrai. La limite fut donc portée à 10 5, Mc/s.

e) *Haute fréquence.*

La largeur minimum du canal devenait donc 14 Mc/s en suivant la technique adoptée d'une façon générale, ce qui entraînait pour l'onde porteuse une fréquence de l'ordre de 200 Mc/s sans éliminer complètement la possibilité d'emploi d'ondes plus longues.

Des expériences de propagation furent faites et peu de différences furent notées entre les ondes de cette fréquence ou des ondes plus longues.

f) *Nombre de canaux.*

Le nombre de canaux se trouvait ainsi fixé et dans les gammes de fréquence attribuées à la télévision au Congrès d'Atlantic City il devenait possible de placer quatre canaux ce qui correspondait aux vœux de l'administration française qui ne croit pas possible, faute de moyens financiers, de pouvoir diffuser simultanément plusieurs programmes dans la même ville conformément à la pratique américaine. (New-York : 6 programmes simultanés).

g) *Autres remarques.*

Des expériences faites dans les laboratoires de l'administration française permirent de vérifier que 819 lignes convenaient pour une transmission très correcte d'images stéréoscopiques. D'autre part des techniciens anglais de la B B C confirmèrent l'opinion généralement admise que 819 lignes permettraient la transmission d'images en couleurs quand cette technique serait définitivement au point.

h) *Réaction des techniciens français.*

L'unanimité des membres de la Commission Supérieure Technique de la Télévision, qui groupe les plus anciens et les meilleurs techniciens français, fut acquise à l'exception de deux des membres.

L'un demandait un standard de 625 lignes, l'autre M. Barthelemy souhaitait un plus grand nombre de lignes de l'ordre de 950 ou 1000.

II. — Critique de ces normes.

Ces normes approuvées par plusieurs pays voisins de la France — parfois publiquement comme ce fut le cas à la Chambre des Communes — furent surtout critiquées par les techniciens néerlandais et j'insisterai surtout sur les arguments présentés lors du Congrès International de Bruxelles.

De façon générale, les adversaires étrangers du 819 lignes laissenr entendre que la finesse des tubes analyseurs ne permet pas d'atteindre le pouvoir de résolution correspondant à 819 lignes.

Il est bien connu qu'en réduisant l'amplitude du balayage de ligne sur le tube analyseur on peut éliminer l'influence des circuits à vidéo-fréquence et déterminer approximativement la dimension du spot d'analyse. Cette expérience démontre définitivement qu'avec les tubes analyseurs français du type iconoscope ou supericonoscope, il est possible d'atteindre 1200 à 1300 lignes. Il a été dit également qu'aucun tube cathodique ne permettait de dépasser 700 lignes. Cette critique est encore moins admissible que la première car des tubes cathodiques sont entre les mains de tous les techniciens qui s'intéressent à la télévision et qu'il suffit de réduire l'amplitude du balayage pour s'apercevoir que les plus mauvais tubes de télévision permettent d'aller bien au-delà de 819 lignes.

III. — Critiques néerlandaises.

a) *Ces normes sont trop élevées pour la télévision domestique et conviennent pour le cinéma.*

Cette critique pàrait en contradiction avec l'affirmation que 625 lignes correspondent à l'image de cinéma habituelle (35 mm) vue « non des places situées à distance normale (3 à 4 fois la hauteur de l'écran) mais des places les plus chères qui sont toujours un peu plus éloignées ».

Dans le même but les Américains affirment que 525 lignes « correspondent à la projection de 80 % des renseignements contenus dans l'image ».

L'expérience française est que 819 lignes correspondent seulement à la qualité du meilleur cinéma à 16 mm et que pour retrouver la qualité du cinéma des grandes salles d'exclusivités il faudrait prendre un nombre de lignes de 1200 à 1500.

b) *Modulation positive.*

Je ne rappellerai que pour mémoire les arguments en faveur de la modulation négative puisque l'unanimité s'est faite pour la modulation proposée par la France.

Ces arguments étaient :

1° contrôle automatique de gain facile à construire ;

2° avantages d'un système de réception dit « Intercarrier system » ;

3° Moindre visibilité des parasites violents qui apparaissent en noir ;

4° puissance moyenne et consommation de l'émetteur plus faibles.

Les trois premiers arguments n'étaient pas admis par les techniciens français et le quatrième n'arri-

vait pas à équilibrer les arguments en faveur de la modulation positive, c'est-à-dire :

1° Synchronisation plus sûre ;

2° Moindre visibilité des faibles brouillages et du bruit de fond.

Le premier de ces arguments était d'ailleurs déterminant.

c) *Nombre de canaux réduits.*

La largeur de bande nécessaire pour la transmission correcte d'une image à 819 lignes est de 14 mégacycles/seconde ce qui peut entraîner une haute fréquence de préférence élevée, de l'ordre de 200 Mc/s. Le nombre maximum des canaux disponibles est donc de 4 si l'on néglige les possibilités autres que celles du 200 Mc/s. Avec 625 lignes et une définition horizontale égale à celle des images anglaises à 405 lignes (normes Philips) on pourrait disposer de 11 canaux. En choisissant une définition horizontale normale (5,5 ou 6 Mc/s et non 4 Mc/s pour la plus grande vidéo fréquence transmise correctement) le nombre de canaux se réduit à 8. En Hollande il a été calculé que six émetteurs étaient nécessaires pour couvrir la totalité du pays et il est envisagé de transmettre plusieurs programmes simultanément ; quatre fréquences sont d'autant plus insuffisantes — disent les techniciens néerlandais — que l'expérience américaine prouve que la distance minimum entre stations émettrices doit être portée de 175 à 350 km.

Ces arguments ne sont pas discutables d'une façon purement technique et en France nous n'avons pas à juger si les moyens financiers dont dispose la radiodiffusion hollandaise lui permettront d'assurer un programme aussi ambitieux. La nécessité d'assurer une bonne réception : image d'excellente qualité, un seul programme : le meilleur possible, a conduit l'administration française à adopter quatre canaux seulement.

Le téléspectateur néerlandais aura à choisir entre deux images de qualité inférieure ; l'image du téléspectateur français lui sera imposée mais elle sera la meilleure possible, compatible avec la technique la plus récente et les possibilités financières du moment.

Du point de vue technique certaines remarques peuvent malgré tout être faites :

L'utilisation d'une multiplicité de canaux permet d'éloigner les stations de même fréquence les unes des autres. Est-il certain que c'est la distance qui intervient comme facteur principal dans le brouillage dû aux propagations exceptionnelles ? Des expériences récentes prouvent qu'au-delà de 350 km des réceptions « troposphériques » ont été possibles et que la valeur du champ était dans ces conditions comparable à celui des émetteurs locaux. Ces propagations « anormales » ne sont pas « exceptionnelles » et dans certains pays d'Europe et d'Amérique elles sont observées pendant 80 % du temps.

D'autre part l'utilisation d'antennes directives permet tant à l'émission qu'à la réception de résoudre dans la plupart des cas les problèmes locaux d'interférences. Ces solutions, en particulier quand il s'agit d'éliminer les propagations anormales, donc de réduire au minimum la puissance rayonnée au-dessus d'un certain site, sont mal connues. Plus la fréquence sera élevée plus les problèmes d'antenne et partant de directivité seront faciles à résoudre. Enfin une nouvelle répartition des fréquences sera certainement entreprise dans très peu de temps sur des bases très différentes des bases actuelles ; le sens de l'évolution est prévisible et conduira certainement à une plus grande attribution pour la télévision.

Pour terminer ces considérations techniques par une remarque plus commerciale, il doit être ajouté que les « mauvaises » conditions actuellement en vigueur aux Etats-Unis n'empêchent pas la vente de 120.000 récepteurs par mois ce qui prouve que les difficultés de propagation se résolvent assez aisément avec des émetteurs distants seulement de 175 km.

d) *Transmission d'objets animés.*

Des techniciens ont affirmé que la reproduction d'objets animés de mouvements rapides serait plus correcte avec une analyse à 625 lignes qu'avec une analyse à 819 lignes.

Comme la qualité des mouvements ne dépend que de quatre facteurs savoir : fréquence d'analyse verticale, persistance de l'ensemble photocathode mosaïque-cible, du tube analyseur, persistance de la substance luminescente du tube cathodique récepteur et persistance de la rétine et que ces facteurs sont indépendants du nombre de lignes, il est assez difficile de voir la relation invoquée entre la qualité de reproduction des mouvements et le choix du nombre de lignes.

e) *Prix de revient élevé du récepteur.*

Les courbes établies dans divers pays pour montrer le bien fondé des arguments choisis en faveur d'un système de normes sont essentiellement variables. Les constructeurs anglais par exemple ont établi une courbe représentant le nombre de récepteurs qu'il est possible de vendre en fonction du nombre de lignes. Le maximum de cette courbe se situe autour de 400. Aux Etats-Unis une autre courbe indique la variation du prix du récepteur en fonction du nombre de lignes, cette courbe à peu près horizontale jusqu'à 500 se relève brusquement au-dessus de 525. Il est probable que les Russes, grands spécialistes des statistiques, ont établi que le nombre de lignes le plus favorable devait être compris entre 620 et 830. Nous aurions pu établir une courbe analogue, aussi sincère et montrant que le nombre de lignes à choisir était de 819. Il est préférable de donner plus de précisions. Dans un récepteur de télévision normal les éléments du prix de revient sont approximativement ceux du tableau suivant :

Les sept premiers éléments sont identiques quel que soit le type de récepteur. Les trois suivants coûtent un peu plus cher dans le cas de 819 que

dans le cas de 625 lignes. Le prix des circuits de balayage de ligne est majoré de 16,6 à 17,5 %. L'amplification à vidéo fréquence augmente le prix des circuits de 33 à 35 %. Enfin l'amplification à moyenne fréquence nécessitera une lampe et quelques circuits supplémentaires ; la majoration sera de 25 à 28 %. Les majorations globales résultantes seront donc respectivement de 6 % pour les récepteurs de luxe et de 8,5 % pour les récepteurs populaires.

Cette différence est insignifiante en comparaison des avantages techniques d'une image à 819 lignes et nous n'avons pas tenu compte du prix plus

Répartition du prix des éléments sur le prix de vente d'un récepteur de télévision

Eléments	Récepteur de luxe		Récepteur ordinaire	
	625 l. en %	819 l.	625 l. en %	819 l.
Ebénisterie, châssis	11	11	8.5	8.5
Tube cathodique	14	14	11	11
Haut parleur	1	1	0.8	0.8
Alimentations	11	11	11	11
Basse fréquence (son)	8	8	7	7
Haute fréquence	4	4	3.5	3.5
Balayage image	5	5	5	7
Balayage lignes	6	7	8	10.4
Vidéo-fréquence	3	4	4	5.4
Moyenne fréquence	8	10	10.5	13.5
Remise au vendeur	18	19	18	19
Taxes	11	12	10.6	11.4
Prix de vente	100	106	100	108.5
Majoration		6 %		8.5 %

faible des antennes dans le cas des hautes définitions ce qui aurait diminué ces chiffres probablement surestimés, puisqu'ils ont été établis pour des récepteurs à 825 lignes ne dépassant pas 4 Mc/s en vidéo fréquence et que ce point de vue est maintenant abandonné en faveur d'une plus grande largeur de bande (5,5 à 6 Mc/s).

f) *Difficulté de construction des récepteurs.*

Il est certainement plus difficile de faire un récepteur à 819 lignes qu'un récepteur à 625 lignes et la difficulté supplémentaire sera d'autant plus grande que le constructeur sera plus mal équipé en appareils de mesure et en ingénieurs compétents ; c'est dire que l'« amateur », le constructeur médiocre seront peut-être incapables de construire un bon récepteur à 819 lignes. Par contre les maisons sérieuses ne trouveront pratiquement aucun problème nouveau à résoudre. *Cet avantage donné aux constructeurs sérieux n'est pas à négliger* et l'expérience prouve que la présentation au public d'une image de mauvaise qualité fait beaucoup plus de tort à la télévision que n'en a fait la mise en vente des mauvais récepteurs radio il y a une douzaine d'années : l'oreille est infiniment plus accommodante que l'œil ; une musique dans laquelle font défaut les notes aiguës est acceptée, une image où les plans généraux manquent de détails est violemment critiquée.

IV. — Remarques sur les normes proposées par les Pays-Bas.

Ayant donné les arguments hollandais contre les normes françaises il parait nécessaire, par mesure de réciprocité, d'examiner objectivement les normes néerlandaises et de faire quelques remarques à leur sujet :

a) *Remarques d'ordre général.*

Les techniciens néerlandais ont d'abord pris simplement les normes américaines 525 lignes, 60 images, 4 Mc/s en adaptant simplement la fréquence d'analyse verticale à la fréquence des réseaux d'énergie européens soit 50 p/s. Sans modifier les circuits de lignes on obtient ainsi $\frac{525 \times 6}{5} = 630$ lignes et si l'on tient compte des diviseurs de fréquence nécessaire on est conduit à adopter le nombre le plus proche $625 = 5 \times 5 \times 5 \times 5$.

Les Américains ayant prétendu à plusieurs reprises que le système à 525 lignes donnait 80 % des renseignements que donnait une image normale de cinéma il était naturel de dire qu'une image à 625 lignes devenait équivalente à une image de cinéma (format 35 mm) puisque $\frac{0{,}8 \times 625}{525} = 0{,}95$.

Ceci était très loin des réalités scientifiques et la comparaison ne pouvait avec ces premières normes s'établir seulement qu'avec le plus mauvais cinéma d'amateur. L'adoption récente d'une bande de vidéo fréquences plus étendue ramènera l'image à la qualité du cinéma d'amateur à 8 mm si l'on fait abstraction de la trame malheureusement encore très visible dans des conditions normales d'exploitation. Seules les normes néerlandaises conservaient en Europe la modulation dite négative de type américain, mais l'effort de normalisation du début de février a supprimé cette différence. L'évolution au cours de ces six derniers mois a été la suivante :

1° 567 lignes modulation négative
4 Mc/s de vidéo fréquence

2° 625 lignes modulation négative
4 Mc/s de vidéo fréquence.

3° 625 lignes modulation positive
4 Mc/s de vidéo fréquence.

4° 625 lignes modulation positive
5 à 6 Mc/s de vidéo-fréquence

Dans l'état actuel on peut dire que les normes néerlandaises proposées sont à mi-distance entre les normes anglaises de 1936 et les normes françaises de 1948.

Elles permettent la répartition de 8 ou 9 fréquences dans la bande attribuée à la télévision et *si ces 8 ou 9 fréquences sont nécessaires* c'est un avantage certain sur les normes françaises mais c'est le seul et il est loin de contre balancer les inconvénients considérables énumérés plus loin.

Auparavant il est bon de revenir sur le membre de phrase souligné ci-dessus. En effet, est-il nécessaire de disposer de 8 ou 9 fréquences pour couvrir l'Europe Occidentale. Il a été indiqué plus haut que vraisemblablement les attributions de fréquences à la télévision seraient reconsidérées et que par conséquent il est loin d'être sûr que les systèmes à 819 lignes soient définitivement bloqués sur trois ou quatre fréquences seulement. Remarquons encore que des recherches américaines récentes semblent démontrer la possibilité de synchroniser plusieurs stations émettrices ce qui conduirait à l'utilisation d'une fréquence par programme et non d'une fréquence par station.

Cette solution présenterait certains inconvénients mais elle montre bien que, de même qu'il est prématuré de considérer la répartition des fréquences comme définitive, il est prématuré d'admettre que des progrès techniques permettant de résoudre le problème des canaux sont inconcevables.

b) *Normes intermédiaires ne présentant ni les avantages de* 405 *lignes ni ceux de* 819 *lignes.*

La technique actuelle, par suite des progrès réalisés depuis 1936, permettrait d'utiliser pour une émission à 405 lignes des fréquences notablement plus basses que celles actuellement utilisées. Il ne serait donc pas impossible d'envisager des portées plus grandes des émetteurs. Pour de très petits tubes cathodiques l'image à 405 lignes est admissible et bien que ce ne soit pas le point de vue généralement admis en France on peut concevoir une diffusion de télévision utilisant de telles normes. Les arguments en faveur d'un système à 819 lignes sont très nombreux :

Normes définitives pour le noir et blanc.

Possibilité d'images en relief très satisfaisantes ;

Possibilité ultérieure de télévision en couleurs, sans modification du nombre de lignes et avec transmission monochrome (noir et blanc) simultanée ;

Possibilité de réception de l'image sur tubes cathodiques de toutes dimensions ;

Possibilité de réception de l'image sur écran de cinéma et par conséquent possibilité d'utilisation du même système pour la diffusion dans les salles de spectacle ;

Possibilité de projection dans les salles des films enregistrés en télévision ;

Facilité de construction d'aériens très directifs tant à la réception qu'à l'émission ;

Facilités de relais par avion soit pour des reportages spéciaux, soit en vue d'une extension de la portée limite avec une image admissible même après de nombreux relais.

Les normes à 625 lignes même sous la forme améliorée actuelle (6 Mc/s au lieu de 4) ne profitent d'aucun de ces avantages.

c) *Ces normes ont été imposées par la technique des récepteurs.*

Alors que les normes françaises ont été choisies « en valeur absolue » pour assurer une télévision définitive, il semble que les normes hollandaises aient été déterminées à partir de la conception actuelle des récepteurs et comme si ces récepteurs n'étaient pas perfectibles dans les années à venir. Par exemple le récepteur Philips à projection qui est d'une technique tout à fait remarquable à beaucoup de points de vue ne peut s'adapter instantanément à une émission à 819 lignes, une longue étude serait nécessaire pour retrouver la luminosité de l'image, l'amplitude des balayages, etc... Les modifications de haute fréquence et de largeur de bande seraient au contraire faciles à obtenir.

Un tel point de vue serait concevable pour un laboratoire ne disposant que de faibles moyens matériels et d'un personnel technique insuffisant. Quand, au contraire, il s'agit d'un des plus grands laboratoires du monde il faut admettre que la base de discussion pour la fixation des normes doit être le *but final visé*, c'est-à-dire la qualité souhaitée de l'image et non les moyens immédiatement disponibles.

La qualité souhaitée est manifeste et les affirmations déjà citées « 525 lignes équivalent à 80 % du cinéma » pour les Américains et « 625 lignes donnent la qualité du cinéma vu des places les plus chères » pour les ingénieurs de la Société Philips prouvent *par leur inexactitude même* que la qualité du cinéma est le but vers lequel on doit tendre.

d) *Définition horizontale insuffisante.*

Cette critique est tombée en partie puisque il est admis aujourd'hui que 4 Mc/s en vidéo-fréquence sont insuffisants. Au cas où cette tendance se manifesterait à nouveau, je répéterai que 4 Mc/s et 625 lignes correspondent à 2,6 Mc/s pour 405 lignes c'est-à-dire que l'image proposée par la Société Philips, il y a un mois, avait la même définition horizontale que l'image actuelle anglaise à 405 lignes. Dans ces conditions le nombre de lignes supplémentaires était illusoire : la trame était effacée mais les renseignements fournis par l'image étaient du même ordre que ceux d'une image à 405 lignes.

Les techniciens néerlandais ont admis cet argument et ont étendu la limite supérieure des vidéo fréquences jusqu'à 5 Mc/s environ. Pour obtenir une qualité normale du 625 lignes ce chiffre ne devrait pas être inférieur à 6 Mc/s.

On arrive à cette valeur en tenant compte de certains facteurs physiologiques et psychologiques qui conduisent à admettre une définition horizontale supérieure à la définition verticale. Les chiffres normalisés en France tiennent compte de ces éléments (10,4 Mc/s pour 819 lignes).

La largeur du canal devient alors de 8 Mc/s pour une image normale à 625 lignes. Le nombre des canaux disponibles n'est donc plus de 11 mais de 8.

e) *Avis de quelques constructeurs britanniques.*

Des Sociétés anglaises se sont mises d'accord avec la Société Philips pour recommander en Europe des normes à 625 lignes.

Il est curieux de noter que des sociétés britanniques recommandent pour l'Europe des normes qui ne seront jamais adoptées en Grande-Bretagne où les recherches pour les futures normes portent sur des nombres de lignes de l'ordre de 800 à 1000.

Il faut donc admettre que les normes recommandées sont les normes les plus favorables à l'exportation anglaise.

Il n'est pas invraisemblable que les futures normes britanniques soient 819 lignes et en admettant la nécessité de deux réseaux de distribution il n'est pas interdit de penser que la France pourrait ramener la basse définition de 455 à 405 lignes. Ces bases de normalisation semblent autrement plus sûres qu'un système à 625 lignes, obligatoirement provisoire et qui ne se rapproche ni des normes anglaises, ni des normes françaises, ni même des normes américaines.

f) *Echanges de programmes.*

Des échanges de programme ne sont concevables que sur une base de réciprocité. Les représentants de l'administration française ont indiqué que les programmes français de télévision seraient à la disposition de tous les pays européens susceptibles de fournir en échange à la France des images utilisables.

Il est possible de transposer une image de 819 lignes en une image à 405 ou 625 lignes et les spectateurs auraient devant les yeux une image en tous points comparables aux images qu'ils ont l'habitude de recevoir. La réciproque n'est malheureusement pas vraie et s'il est facile de transposer une image de 405 à 819 lignes, l'image à 819 lignes obtenue dans ces conditions a la qualité de l'image à 405 lignes. Les spectateurs français n'admettraient pas une telle perte de définition dans une émission normale.

L'échange de programmes n'est donc techniquement possible, pour la généralité des cas, qu'entre pays ayant des normes identiques. Pour des émissions d'un intérêt exceptionnel des images de qualité insuffisante seraient peut-être tolérées par les spectateurs mais dans ce cas seulement qui échappe à la conception d'un échange régulier et méthodique des images de télévision.

Si l'on tient compte du prix de revient des programmes de télévision — le spectacle le plus coûteux qui se puisse concevoir — on admettra que c'est là un argument d'un très grand poids. Les spectacles artistiques ou sportifs d'un pays comme la France, présentent un intérêt considérable pour les autres pays européens, surtout pour ceux qui ont une langue différente, pays où la radio-diffusion n'a d'accès qu'à travers la musique. Dans ces pays une image serait facile à commenter et dans beaucoup de cas serait intelligible sans traduction.

g) *Possibilités commerciales.*

Un argument pour le système à 625 lignes serait l'argument commercial de tous les systèmes provisoires : il y aurait dans un certain nombre d'années possibilité de nouvelles affaires au moment de l'introduction de normes plus élevées. Nous pensons que cet argument basé sur une tromperie du spectateur ne peut être retenu et qu'il doit être mis au même niveau que les procédés des commerçants qui ne mettent en vente la bonne marchandise que lorsque la mauvaise n'est décidément plus vendable.

Il semble que le client éventuel sera d'autant plus attiré par la télévision qu'il aura l'impression qu'elle a atteint une qualité définitive et malgré les faibles ressources dont dispose l'européen moyen il hésitera moins à acheter un récepteur d'un prix légèrement supérieur (6 %) si ce récepteur doit lui être utile pour de nombreuses années et s'il est assuré des programmes internationaux d'un intérêt mondial.

Des normes intermédiaires — et obligatoirement provisoires — donneraient un faux départ à l'industrie de la télévision et risqueraient de lui être fatale tout au moins dans certains pays.

V. — Critiques américaines.

La principale critique américaine s'adresse d'une façon générale aux Européens. C'est la cadence d'analyse verticale qui est mise en cause et les représentants de l'industrie américaine disent : « Même si notre secteur de distribution d'énergie électrique avait une fréquence de 50 pps nous adopterions 60 pps pour la fréquence d'analyse verticale car la différence de scintillement est considérable ; avec 60 pps nous pouvons atteindre une luminosité 4 à 5 fois plus grande et ceci est très appréciable quand on veut observer les images dans une salle éclairée ».

Cet argument est très valable ; mais en Europe il a été admis — définitivement je le crois — que le récepteur, quand la fréquence d'analyse n'était pas égale à celle du secteur, devait être muni de dispositifs de filtrage très précis, très lourds et par conséquent très coûteux. Comme d'autre part la fréquence adoptée pour la répétition des images dans les salles de cinéma est en général de 48 par seconde (le volet d'antiscintillement double la cadence des éclairs lumineux) et qu'elle est considérée comme très satisfaisante, il semble que les normes européennes donneront satisfaction aux téléspectateurs.

L'argument supplémentaire qui consiste à dire que la loi de variation de la luminosité est différente dans les deux cas — cinéma et télévision — est valable également mais la modification apportée par la brièveté des impulsions lumineuses dans le cas de la télévision est faible et surtout très variable avec le type de poudre fluorescente utilisée.

VI. — Critiques françaises.

Les réponses aux critiques de la Société Philips ont déjà été indiquées et il me reste donc à répondre aux défenseurs du 1029 lignes.

a) *Le 819 lignes n'est pas une solution générale.*

Dans sa conférence M. Barthelemy dit que le Congrès de Télévision d'octobre 1948 a montré l'accord de la plupart des techniciens sur « la nécessité de 1000, voire 1100 lignes ». Je rappellerai que ce congrès était placé sous le signe « *Cinéma et Télévision* ». M. Barthelemy et M. Castellani sont les seuls congressistes qui aient proposé plus de 1000 lignes pour la radiodiffusion encore faut-il ajouter qu'aux yeux de la plupart des congressistes 1000 et 1100 lignes sont très loin d'équivaloir à une image de cinéma de 35 mm. Pour obtenir une image comparable à celle du cinéma et si aucun enregistrement intermédiaire n'intervient il faudrait au moins 1500 lignes.

Le 819 lignes n'est pas la solution cinématographique du problème et pour bien d'autres raisons que celles invoquée ; le 1029 ne l'est pas non plus, le 945 encore moins.

b) *Le 819 lignes conduit à des installations doubles.*

Ce que dit M. Barthelemy en faveur du 1000 lignes est valable pour le 819 lignes, d'autant plus que la moitié de 819 est assez voisine de 405 pour qu'une normalisation soit possible avec nos amis anglais ; cette normalisation serait beaucoup plus importante pour l'échange des programmes qu'elle ne l'est avec n'importe quel autre pays. Je pense que M. Delvaux, dans sa conférence de lundi prochain, étudiera cette question et j'ajouterai seulement qu'il est inexact de dire qu'une double émission nécessite « un équipement double et une exploitation onéreuse » puisqu'une partie des équipements est commune (caméras, télécinémas, etc...) et que le personnel d'exploitation est sensiblement le même dans les deux cas.

c) « *Les spécialistes des multivibrateurs font des réserves sur la stabilité du diviseur* 13 ».

Un argument en faveur de ce diviseur 13 a déjà été donné. Le deuxième argument est le suivant : lors du concours de 1937, l'équipement choisi à cause de sa supériorité technique reconnue à tous les points de vue — Pouvoir de résolution, stabilité, sensibilité, réponse aux couleurs, trainage, etc — comportait, dans sa solution définitive, le diviseur 13. Il suffirait de consulter les procès-verbaux des expériences faites devant la Commission de Télévision pour retrouver d'autres éléments de supériorité. Alors que le constructeur proposait 495 lignes, l'administration imposa 455 lignes ($5 \times 7 \times 13$) c'est-à-dire le diviseur 13. Le constructeur, avant d'accepter, étudia le problème des diviseurs et le résultat de ses expériences fut le suivant : la limite supérieure du diviseur acceptable était le nombre 19 ; le diviseur 13, avec les précautions habituelles dans la stabilisation des tensions et dans la construction des circuits était absolument sûr.

Cette affirmation fut confirmée au cours de nombreux mois d'exploitation et la seule panne qui se produisit au cours des émissions, panne de deux minutes, n'était pas dûe aux diviseurs.

Toute superstition mise à part, on peut dire que le diviseur 13 n'ajoute aucun risque à une exploitation normale de télévision.

d) *Le canal de 14 Mc/s considéré comme nécessaire pour 819 lignes suffirait pour 945 lignes.*

La méthode choisie par M. Barthelemy pour calculer les bandes de fréquences nécessaires est très discutable, en particulier l'adoption de bandes de fréquences indépendantes du nombre de lignes « pour l'annulation de la porteuse » (2 Mc/s) et pour « la garde » (1,5 Mc/s). Avec cette méthode une télévision à 30 lignes nécessiterait une bande de fréquences supérieure à 3,5 Mc/s.

La grande divergence d'idées réside toutefois dans l'affirmation suivante : « La trame de 819 (lignes) n'utilise pas entièrement la bande disponible ».

Au cours d'une séance du Comité Supérieur Technique de Télévision j'ai affirmé qu'il était nécessaire que le pouvoir séparateur soit plus grand dans le sens horizontal que dans le sens vertical. De nombreuses expériences m'avaient conduit, ainsi que beaucoup d'autres ingénieurs, à cette opinion et une vidéo fréquence limite voisine de 10,5 Mc/s semblait tout à fait satisfaisante à cet égard. Cette valeur conduit — même avec les méthodes de calcul adoptées par M. Barthelemy — à une bande totale de 14 Mc/s qui est celle adoptée par l'administration française. J'avais essayé d'expliquer l'anomalie citée en disant que bien que le pouvoir de résolution des yeux — pris individuellement ou ensemble — soit le même dans les deux sens, l'homme attachait plus d'importance aux lignes verticales ou sensiblement verticales des objets car c'étaient ces lignes qui le renseignaient sur la position dans l'espace de ces objets et qui, par conséquent, lui permettait d'éviter les obstacles.

Monsieur Barthelemy a souligné dans sa conférence qu'il s'agissait « d'observations » de spectateurs et je ne comprends pas que l'on puisse en matière de télévision se dispenser de ces « observations ». M. Barthelemy craint « que l'on confonde le champ visuel et l'acuité visuelle ». Pour ma part, une telle confusion ne me paraît pas possible puisqu'elle équivaudrait à confondre deux surfaces dont le rapport est supérieur à 5.10^7.

e) *Le 729 lignes « non intercalé » est équivalent à 1000 lignes intercalées.* (Expérience du Polytechnikum de Zurich).

Cette affirmation ne reposant sur aucune base scientifique et étant formulée par l'une des rares personnes n'ayant pas vu l'expérience qu'il cite, je n'avais pas jugé nécessaire de la critiquer. Un auditeur m'ayant demandé mon avis je me contenterai de faire la remarque suivante ! Si cette affirmation était exacte, le film enregistré sur écran de télévision à 450 lignes serait aussi bon qu'une image de télévision à 675 lignes, le film enregistré sur écran de 819 lignes serait pareil à une image de 1200 lignes *puisque l'image cinématographique n'est plus intercalée*, puisque les deux trames sont présentes simultanément. Quanc on observe les films enregistrés dans ces conditions ils ont exactement l'as-

pect d'images à 450 lignes et à 819 lignes et il me semble que cette expérience très simple est indiscutable.

Conclusion.

Quand je suis allé à La Haye pour présenter aux ingénieurs de l'administration néerlandaise les arguments de la radiodiffusion française j'ai souligné le rapprochement progressif des deux techniques. Le plus haut fonctionnaire m'a demandé s'il était vraiment impossible de choisir un nombre de lignes intermédiaire entre 625 et 819 ; le chiffre de 729 aurait vraisemblablement été très bien accueilli.

Dans sa conférence du 5 mars, M. Barthelemy demandait de choisir un nombre intermédiaire entre 1029 et 819 et proposait 945.

Ne pourrait-on examiner sérieusement un nombre intermédiaire entre 729 et 945 et admettre, d'un commun accord, que le nombre 819 n'est, après tout, pas mal choisi, bien qu'il coïncide accidentellement avec les caractéristiques présentes d'un constructeur français.

COMPTE-RENDU DES DISCUSSIONS

M. VASSY — proteste contre la « condamnation à mort » du 1.000 lignes. En 1936, des nombres de lignes supérieures à 400 ne paraissaient pas viables et il convient d'être très prudent vis à vis de l'avenir.

M. MALLEIN — précise qu'un élément intervenu dans le choix de 800 a été la possibilité de faire admettre le standard par les pays étrangers. Un canal supérieur à 14 Mc/s aurait eu peu de chances de rallier des suffrages.

M. VASSY — repose la question des définitions horizontale et verticale. Une discussion s'ensuit, à laquelle participent MM. MALLEIN, DELBORD, MONNOT, ANGEL. Les arguments apportés de part et d'autre ne permettent pas de trancher la question et les seuls faits certains qui se dégagent sont :

— La question de la définition ne doit pas être confondue avec celle de la linéature plus gênante dans le sens vertical que dans le sens horizontal.

Le pourvoir séparateur de l'œil est en moyenne le même dans les deux sens.

MM. CHAUVIERRE, puis MONNOT, demandent des précisions sur les appareils transformateurs de définition. Il est fait mention des expériences de la B. B. C. dans lesquelles un tube C. P. S. (sorte d'orthicon) reprend avec 405 lignes une *fraction* d'une image à 405 lignes, ce qui revient à changer le nombre des lignes d'exploration de l'image entière.

M. MANDEL — préconise, lui, l'emploi de tubes à accumulation donnant un enregistrement fugitif. Il pose, d'autre part, la question des difficultés d'entrelacement inhérentes aux tubes à rayons électroniques eux-mêmes. Les lignes d'une trame ayant été balayées, il leur correspond des charges positives déposées par émission secondaire sur leur tracé. Il s'ensuit que les électrons, balayant la trame suivante, se trouvent attirés par les lignes déjà tracées. Ce phénomène doit, sans doute, être d'autant plus grave que la linéature est plus fine.

De la discussion où interviennent MM. DELVAUX, DELABY DELBORD, MANDEL, PETEL, LAMBLOT, on peut retenir les points suivants :

— Le phénomène ne peut guère se produire dans les tubes analyseurs. On pourrait d'ailleurs s'en apercevoir en utilisant le tube sur un télécinéma donnant des éclairs lumineux tous les 1/25 seconde.

— Il est complètement éliminé avec les tubes aluminisés

— Les tubes cathodiques ordinaires ne présentent pas tous le phénomène. On a cherché à le reproduire systématiquement, on n'y est pas arrivé.

Un AUDITEUR — regrette que l'adoption de larges bandes sur 200 Mc/s soit la condamnation définitive de l'antenne de réception « bout de fil » si commode chez les particuliers. Il est répondu que cette condamnation est un bienfait, car un tel aérien ne peut que donner des résultats médiocres quel que soit le standard choisi.

M. MANDEL — précise en outre que les réflexions ne sont nullement plus à craindre sur 200 Mc/s que sur 46.

BASES THÉORIQUES DU CHOIX DE NORMES DE TÉLÉVISION

PAR

M. J. L. DELVAUX

Ingénieur en Chef au Département Radio-Emission
de la Compagnie Française Thomson-Houston

Cette conférence est la dernière d'un cycle de trois communications consacré à la question des Normes de Télévision. Le titre choisi fait présager que l'accent sera mis aujourd'hui sur des considérations très générales, et que c'est seulement vers la fin que l'on abordera le choix de normes précises en vue d'une application bien définie, qui sera la constitution d'un réseau de Radiodiffusion de Télévision en Europe Occidentale.

Nous commencerons par la détermination du nombre de canaux nécessaire à la réalisation d'un service de télévision. Cette question présente une importance primordiale qu'il serait très dangereux de négliger.

On peut bien entendu toujours établir un service de télévision avec un nombre quelconque de canaux, mais la qualité de service obtenue variera notablement avec ce même nombre. Pour simplifier l'analyse et lui donner toute la généralité désirable, nous nous placerons dans le cas d'une répartition régulière des stations, schématisée par une représentation en quinconces, un seul canal étant affecté à chaque station. Parmi tous les nombres de canaux possibles, ceux qui correspondent à un carré parfait N^2 jouissent de la propriété suivante que chacun peut aisément vérifier : on peut disposer les stations de telle sorte qu'il y ait toujours entre deux stations fonctionnant dans le même canal N-1 stations fonctionnant dans des canaux différents. Par contre si le nombre de canaux n'est pas un carré parfait, étant compris par exemple entre $(N-1)^2$ et N^2, certaines stations fonctionnant dans un même canal pourront bien être séparées par N-1 stations intermédiaires mais d'autres ne pourront être séparées que par N-2 stations intermédiaires et leur espacement (dont dépend la protection contre les brouillages) ne sera pas plus grand que si l'on n'avait disposé que de $(N-1)^2$ canaux en tout. On voit donc que chacun des carrés entiers successifs correspond au nombre minimum de canaux assurant un espacement géographique donné entre stations fonctionnant dans un même canal et par conséquent une protection donnée contre les brouillages.

Si on désire émettre de chaque centre n programmes distincts simultanés, le nombre de canaux devra être égal à $n \times N^2$, la protection contre les brouillages étant celle correspondant à la valeur de N choisie. On voit tout de suite à quoi cela conduit lorsque n peut atteindre six comme c'est le cas en Amérique et on comprendra facilement que la F.C.C. ait dû « congeler » les demandes d'autorisation de stations nouvelles.

Parmi les carrés entiers nous éliminerons le nombre un pour des raisons évidentes. Nous pouvons également éliminer pour le moment le nombre seize et les carrés supérieurs, car ils correspondent à des nombres de canaux dont nous ne pourrons vraisemblablement pas disposer avant longtemps. Il ne nous reste donc à considérer aujourd'hui que les nombres quatre et neuf.

Avec neuf canaux, si on dispose les stations de façon à couvrir tout le territoire, chaque station ayant un rayon d'action r, l'espacement entre stations fonctionnant dans le même canal est d'environ 4,5 fois r. Dans les mêmes conditions, avec quatre canaux, la valeur de cet espacement tombe à environ 3r.

Du point de vue des brouillages il est intéressant de considérer la distance minimum qui existe entre un point situé dans la zone normale de la station désirée et une autre station fonctionnant dans le même canal. Cette distance vaut $3{,}5r$ dans le premier cas et $2r$ dans le second cas. Si on tient compte toutefois de la possibilité, dans la région où les zones de plusieurs stations se chevauchent, de choisir la station la moins brouillée, les valeurs correspondantes passent à environ $3{,}75r$ et $2{,}25r$ respectivement.

On peut avoir recours à la notion de canal virtuel, et compléter le nombre de canaux dont on dispose effectivement par le nombre voulu de canaux virtuels de façon à atteindre un nombre qui soit un carré parfait. On effectue alors la répartition comme lorsque tous les canaux sont réels : on en est quitte pour laisser sans station les centres auxquels cette répartition conduit à attribuer un

canal virtuel. On peut ainsi, avec un nombre de canaux réduit éviter les brouillages, mais au prix d'une diminution de la qualité du service assuré.

On peut déjà conclure de ce qui précède que l'on doit s'efforcer d'avoir un nombre de canaux aussi élevé que possible, ce qui peut s'obtenir aussi bien par l'augmentation de largeur des bandes de fréquence attribuées à la télévision que par la réduction de la largeur de chaque canal. Le premier moyen est du ressort des Conférences Internationales : il se heurte à l'opposition des autres services utilisateurs, qui n'ont pas l'habitude d'abandonner sans combat à la télévision les morceaux du spectre total disponible. Il est donc très aléatoire de compter sur ce moyen.

Le second moyen est par contre plus facile à mettre en œuvre, et son application conduit à réduire autant que possible la fréquence « vidéo » maximum transmise et à généraliser l'emploi de l'émission avec une bande latérale atténuée. Ce dernier procédé semble avoir fait ses preuves, car il est d'emploi général aux Etats-Unis. Même en Europe, où les émetteurs en service transmettent les deux bandes latérales, beaucoup de récepteurs n'utilisent qu'une seule de ces bandes. Le futur émetteur de la BBC à Birmingham émettra d'ailleurs selon cette technique. On peut donc se demander si le C.C.I.R. n'a pas fait preuve d'une prudence exagérée en reportant au Congrès de Prague l'adoption d'une décision au sujet de ce procédé.

Il est bon de dire un mot de l'exploration entrelacée, sous sa forme courante qui comporte un entrelacement d'ordre 2. Il n'est guère de question sur laquelle on ait entendu énoncer des opinions plus divergentes et pour tout dire parfois plus déroutantes.

La caractéristique fondamentale de l'entrelacement est de diviser par deux la fréquence « vidéo » maximum nécessaire. Ceci constitue un avantage considérable qu'il ne faut jamais perdre de vue, surtout si l'on veut bien se rappeler à quels artifices on est parfois conduit pour gagner quelques pour cent dans la bande passante. Il faudra donc vraiment une raison péremptoire pour nous amener à renoncer à un tel avantage, et le moins qu'on puisse dire est que les arguments opposés ne semblent pas présenter le caractère décisif nécessaire.

Il est vrai que certains récepteurs n'entrelacent pas correctement et ceci a donné naissance à la légende qu'un entrelacement correct ne s'obtenait qu'en augmentant le prix du récepteur. Ceci est complètement faux, au point qu'on n'entrevoit même pas comment on pourrait gagner quelque chose sur le prix du récepteur, à part peut-être en supprimant les frais d'étude, en n'exigeant pas un entrelacement correct. Nous dirons même que pour garantir que le récepteur n'entrelace jamais, il faudrait lui ajouter certains éléments dont l'addition ne serait certes pas gratuite. En réalité un récepteur convenablement étudié entrelace de lui-même tant que les signaux reçus sont corrects.

Il existe bien des effets stroboscopiques passagers qui accompagnent les mouvements verticaux de l'œil du spectateur. Ces effets sont très réduits et deviennent pratiquement non gênants quand on a pris soin de réaliser pour le spectateur le champ uniforme d'exploration, ce qui est d'ailleurs avantageux pour d'autres raisons, et en particulier pour supprimer la visibilité de la trame.

On a récemment vu faire état d'une prétendue correspondance entre les explorations respectivement entrelacée et non entrelacée, qui se traduisait par l'affirmation qu'une image à 700 lignes non entrelacées était équivalente à une image à 1.000 lignes entrelacées. Une telle proposition ne paraît pas justifiable. Si on veut tenir compte des petits effets parasites dûs à l'entrelacement, on peut à la rigueur attribuer, à égalité de nombre de lignes, à l'image entrelacée un coefficient de qualité inférieur de quelques pour cent à celui de l'image non entrelacée, mais il est abusif de considérer une baisse de 30 % dans le nombre de lignes équivalent comme le prétend l'affirmation visée plus haut.

Il semble qu'il s'agisse au fond d'une confusion : en effet une image à 1.000 lignes entrelacées et une image à 700 lignes non entrelacées, 50 images par seconde, nécessitent la même bande de fréquences si dans chacune on a pris soin de réaliser un même rapport entre les définitions verticale et horizontale. Il n'en découle nullement par contre que les deux images soient identiques en qualité et la prétendue équivalence ne repose en fait sur rien.

En réalité, chaque fois que la bande passante est limitée, comme c'est malheureusement généralement le cas, il y a tout intérêt à adopter une exploration entrelacée et à faire l'effort nécessaire, d'ailleurs limité en grandeur, pour obtenir un fonctionnement correct du récepteur.

Il est bon de revenir sur la question du champ uniforme d'exploration, en reprenant le point de vue selon lequel cette question a été traitée dans une conférence présentée au Congrès de Télévision d'octobre dernier. Le champ uniforme d'exploration est obtenu lorsque la dimension apparente du spot, pour le spectateur, est telle que les lignes d'exploration se raccordent exactement entre elles. La dimension apparente du spot est déterminée, d'une part par la dimension réelle de celui-ci sur l'écran récepteur, et d'autre part par l'intervention de l'acuité visuelle limitée de l'œil de l'observateur, dont l'effet, ramené à la surface de l'écran récepteur, est variable avec la distance entre celui-ci et l'observateur. C'est ainsi que la condition de champ uniforme d'exploration peut être obtenue, pour un nombre de lignes donné (ce qui suppose une dimension apparente donnée pour le spot) soit par un spot relativement gros si l'observateur est rapproché, soit par un spot beaucoup plus fin si l'observateur est à une certaine distance. Nous voyons donc immédiatement quel intérêt il y a à n'avoir recours qu'à des spots de révolution, puisque de tels spots seuls peuvent être élargis uniformément dans toutes les directions par l'intervention de l'acuité visuelle limitée de l'observateur. Au contraire avec un spot elliptique, dont en tout état de cause la largeur ne peut être rendue infiniment petite, il sera impossible de conserver, pour différentes distances entre le spectateur et l'écran,

une même valeur de la dimension apparente de spot dans le sens horizontal alors que l'on aura par contre pu chaque fois régler la dimension verticale réelle du spot à une valeur telle que sa dimension verticale apparente soit toujours la même (celle qui donne le champ uniforme d'exploration) pour chacune des diverses distances d'observation successivement considérées.

Avec un spot de révolution dont on aura ajusté les dimensions réelles, d'après la distance d'observation, de façon à avoir dans chaque cas le champ uniforme d'exploration, il est exact que le spot introduit dans la reproduction des fréquences élevées de modulation (qui correspondent aux détails fins de l'image) une atténuation plus grande que celle donnée par un spot elliptique. On en a parfois déduit que ce dernier devait être utilisé de préférence au spot de révolution. En réalité, la conclusion correcte que l'on doit en tirer est que la courbe de réponse des circuits électriques ne doit pas être la même dans les deux cas et que c'est elle que l'on doit ajuster aux conditions correspondantes. Dans le cas du spot de révolution, la forme optimum de cette courbe comporte une remontée plus ou moins importante vers la fréquence de coupure. Moyennant cette précaution, d'excellentes images présentant la même définition dans les deux sens peuvent être obtenues avec des nombres de lignes et des bandes passantes limités, sans que la trame soit perceptible, pour toute une gamme de distances d'observation, sans autre réglage qu'un ajustement de la grosseur du spot lorsque cette distance varie. On supprime ainsi l'irritante visibilité de la trame et on réduit notablement certains effets parasites tels que le cheminement des lignes, les interférences entre la trame et la structure du sujet transmis, etc...

Cette question est importante, car dans le passé l'emploi de spots surconcentrés sur des récepteurs défaillants du point de vue de l'entrelacement a permis, contre toute logique, à certains d'accréditer la légende de l'insuffisance des nombres de lignes voisins de 400. On déclarait ceux-ci inacceptables lorsqu'il s'agissait de réaliser un service comportant l'émission de signaux caractérisés par de tels nombres de lignes. Il est vrai que les mêmes nombres de lignes sont maintenant considérés comme suffisants, à condition toutefois de résulter de la confusion des deux trames d'une émission à haute définition, ce qui constitue une manière de reconnaissance tardive d'une vérité qui aurait dû être évidente.

Ce qui a été dit plus haut au sujet de l'avantage qu'il y a à avoir un spot de révolution, de façon à réaliser la condition d'uniformité du champ d'exploration au mieux pour différentes valeurs de la distance minimum d'observation, nous conduit à admettre comme désirable l'égalité approximative des définitions verticale et horizontale. Des arguments intéressants ont été donnés en faveur de l'augmentation de la définition horizontale. On peut leur opposer les essais de Baldwin d'après lesquels le rapport entre les deux définitions pourrait varier de moins de 0,5 à plus de 2 sans que les spectateurs perçoivent de différence notable, ou encore l'expérience du film gaufré pour cinéma en couleurs, qui semble prouver que la définition verticale peut être sans inconvénient nettement plus grande que la définition horizontale qui est limitée par les 525 gaufrages du film.

On peut se demander d'ailleurs si les conditions propres à la radiodiffusion de télévision n'ont pas parfois été un peu perdues de vue. Il est certain que chaque fois que la bande passante permise n'est pas limitée, on a tout intérêt à avoir un nombre de lignes aussi élevé que possible, à abandonner l'entrelacement, et par surcroît à augmenter au maximum la définition horizontale. On obtient bien évidemment par ce moyen une image splendide, mais on arrive très vite à des bandes de 30 ou 40 Mc/s.

La situation est toute différente lorsque la bande est strictement limitée, l'interdiction de dépasser les limites permises étant matérialisée par la présence de brouilleurs puissants dans les bandes adjacentes. A ce moment, on est bien obligé d'accepter les petits inconvénients de l'entrelacement puisqu'à lui seul il équivaut à un doublement de la bande. Il faut ensuite décider le nombre des lignes : si on veut forcer la définition horizontale,on est conduit à réduire le nombre de lignes, et on court le risque de constater que l'augmentation de définition horizontale ne se voit pas beaucoup, mais que la baisse du nombre des lignes se voit par contre beaucoup plus. On doit constater que la tendance naturelle est inverse et conduit plutôt au contraire à forcer le nombre des lignes. Dans l'équipement construit par M. Delbord en 1936 la réponse était uniforme jusque vers 2,5 Mc/s et baissait graduellement au-delà. Le nombre de lignes, initialement de 405 fut rapidement porté à 455 et auraient atteint 495 si la normalisation adoptée à l'époque ne s'y était opposée. C'est ce qui permet d'affirmer que des bandes de 2 Mc/s pour 405 lignes et de 8 Mc/s pour 819 lignes sont amplement suffisantes et doivent être acceptées, étant bien entendu que l'image sera un peu moins bonne, mais d'ailleurs pas tellement, qu'avec 2,5 Mc/s pour 405 et 10 Mc/s pour 819 lignes. La différence de qualité est de toute façon hors de proportion avec le prix qu'il faudrait payer l'élargissement de la bande.

Nous aborderons maintenant l'étude de la manière dont se comportent, du point de vue de la propagation pour un service de Radiodiffusion de Télévision, les ondes de diverses longueurs dont on

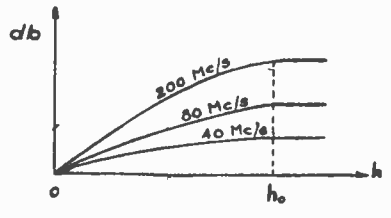


Fig. 1

peut envisager l'emploi pour un tel service. Il s'agit en fait des ondes de longueur inférieure à environ 8 mètres.

La caractéristique générale de ces ondes est que la courbe du gain dû à la surélévation de l'antenne, en fonction de la hauteur de celle-ci, a une pente initiale d'autant plus grande que la fréquence est plus élevée (fig. 1). Ceci pourrait sembler constituer, pour un observateur superficiel, un argument en faveur de l'emploi d'ondes de plus en plus courtes. Il n'en est rien. En effet, il ne faut pas comparer ces diverses courbes en faisant coïncider leur origine au point de hauteur nulle (ras du sol), mais bien plutôt en faisant coïncider les paliers qu'elles présentent au-delà du point dont l'abscisse h_0 correspond au seuil de la condition de propagation en espace libre. Dans ce mode de propagation la loi de l'inverse de la distance joue pour toutes les ondes de la même manière. C'est donc à partir du champ correspondant, pris comme champ de référence, qu'il faut tracer ces courbes en faisant coïncider leurs paliers (fig. 2). On voit alors que le champ obtenu au ras du sol est d'autant plus faible que l'onde est plus courte. Ce phénomène est d'autant plus accentué que le « ras du sol » doit être pris pour

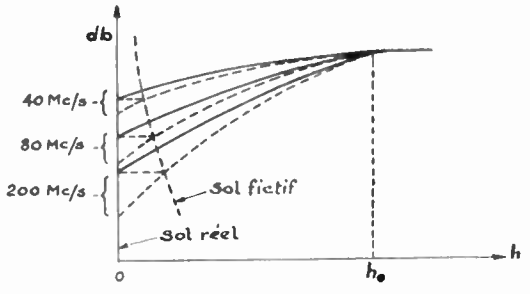


Fig. 2

chaque onde non pas au niveau du sol physique, mais au niveau du sol fictif, plus élevé que le précédent dans une proportion d'autant plus grande que l'onde est plus courte et que les constructions, les arbres, etc ... environnants sont plus hauts.

L'usager d'un service de Radiodiffusion de Télévision peut être situé à un emplacement quelconque et il est fréquent que le point le plus élevé auquel il puisse envisager de placer son antenne, sans dépense prohibitive, soit situé au-dessous ou à la rigueur à peine au-dessus du niveau du « sol fictif ». De ce fait c'est seulement par l'emploi d'ondes relativement longues que l'on pourra atteindre avec une intensité de champ suffisante les usagers les plus défavorisés du fait de leurs conditions locales (effet d'écran de collines, de forêts, de bâtiments voisins, etc ...).

Nous venons de voir que, à puissance équivalente rayonnée égale, l'intensité du champ mis à la disposition des usagers défavorisés (que l'on n'a néanmoins pas le droit de condamner pour cela à la privation de Télévision) est d'autant plus faible que l'onde employée est plus courte. Considérons maintenant l'utilisation, par l'aérien récepteur, de ce champ. La hauteur effective d'un doublet est proportionnelle à la longueur de l'onde sur laquelle il est accordé. Prenons le cas d'un doublet avec réflecteur prévu pour une onde d'environ 6,50 mètres. La hauteur effective du doublet est d'environ 2 mètres. Compte tenu du réflecteur (3 db de gain) et de l'adaptation au feeder (6 db de perte) le coefficient reliant le champ à la tension présente sur le feeder (supposé être de 75 ohms d'impédance caractéristique) est d'environ 1,40 mètre.

Une antenne du même type réalisée pour une onde de 1,50 mètre présente un coefficient qui n'est plus que 0,35 m. environ, et à égalité de champ reçu on recueille une tension sur le feeder qui n'est guère que le quart de celle obtenue avec l'onde plus longue.

On peut objecter que sur 1,50 m. l'antenne est beaucoup moins encombrante que sur 6,50 m. et que l'on peut avoir pour la première une structure plus compliquée présentant un gain élevé, si l'on admet que les antennes pour l'une ou l'autre onde présentent le même encombrement : c'est exact, mais il faut obtenir un gain de 12 db par rapport à un doublet muni d'un réflecteur, ce qui équivaut à un gain de 15 db environ sur le doublet ordinaire, pour que les tensions reçues sur l'une et l'autre ondes soient rendues identiques pour une même valeur du champ reçu. Or une antenne de 15 db de gain comporte un nombre de doublets dont l'ordre de grandeur est de 32 : il paraît évident qu'une telle antenne sera plus coûteuse que l'antenne prévue pour l'onde de 6,50 m. En pratique on devra se contenter pour l'onde de 1,50 m. d'une antenne moins compliquée que celle à 32 doublets envisagée, et la tension à l'entrée du récepteur sur l'onde courte sera inférieure à celle que l'on aura sur l'onde longue, à égalité de champ reçu. La différence sera encore accentuée si l'on tient compte de la baisse du champ reçu quand on passe de l'onde longue à l'onde courte, dans le cas où l'emplacement de l'usager est défavorable du point de vue de la propagation.

Il nous reste à voir quelle est l'intensité des parasites dont on peut redouter l'influence dans les diverses gammes d'onde.

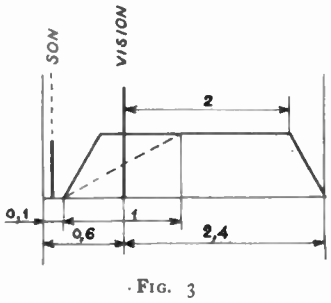


Fig. 3

Nous parlerons surtout des parasites provenant de véhicules automobiles. Il semble que tous les expérimentateurs soient à peu près d'accord pour trouver une intensité approximativement uniforme de ces parasites sur les ondes de 40 à plus de 300 Mc/s, lorsque la mesure est faite très près du véhicule. Si on éloigne de celui-ci le matériel de mesure, la propagation des parasites de fréquence élevée s'effectue moins bien que celle des autres et on trouve que le champ parasite diminue quand la fréquence augmente. Toutefois il s'agit de différences de 10

à 20 db qui sont loin de rendre les parasites inoffensifs sur les ondes métriques courtes et même sur les ondes décimétriques.

Nous ferons maintenant une dernière remarque sur le découpage d'une gamme d'ondes en canaux de transmission. Il importe que la largeur du canal soit petite vis-à-vis de la fréquence moyenne.

Cette condition repose pour une part sur le fait que l'antenne de réception devient coûteuse si on lui demande de passer correctement une bande relative étendue, mais pour la plus grande part sur le fait que les conditions de propagation des composantes situées aux deux extrémités de la bande risquent d'être trop dissemblables, ce qui peut amener des distorsions inadmissibles. On peut voir d'ailleurs que cette condition rejoint celle de disposer dans une bande homogène d'un nombre suffisant de canaux, ce qui limite la largeur de chacun de ceux-ci.

Nous pouvons maintenant aborder l'application pratique des principes qui viennent d'être exposés. La Conférence d'Atlantic City a affecté à la radiodiffusion européenne les bandes suivantes qui ont toutes été envisagées pour la Télévision : ce sont les bandes 41 — 68 Mc/s et 174 — 216 Mc/s avec en plus pour la France la bande 162 — 174 Mc/s. En Hollande et en Suède on semble avoir retenu également la bande 88 — 100 Mc/s.

Considérons d'abord la bande 41 à 68 Mc/s dont la largeur est de 27 Mc/s. Cette bande se prête idéalement à une division en 9 canaux de 3 Mc/s et permet donc la création d'un réseau de stations puissantes capable de desservir sans lacunes la totalité d'un territoire étendu. Avec un tel canal, dont la fig. 3 représente une décomposition possible, on peut transmettre de façon satisfaisante une image à 405 lignes. La faible largeur de bande permet de réaliser sans difficulté des émetteurs puissants (20 à 40 kw), elle entraîne dans les récepteurs une diminution du bruit de fond et elle permet d'augmenter le gain par étage, au point même que l'emploi de tubes à pente de 2, genre EF9, est possible sans que le gain tombe à une valeur inadmissible. On retire de ces caractéristiques des avantages considérables, tels que le faible prix possible des récepteurs, une portée utile dépassant 100 km, etc. Le fait d'avoir neuf canaux permet d'espacer de 400 km.

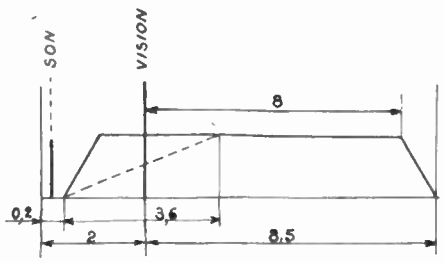


Fig. 4

environ les émetteurs travaillant dans un même canal d'où on déduit une distance de 135 km. environ entre stations adjacentes. Les brouillages seront très réduits, surtout si on prend soin de synchroniser les fréquences porteuses de toutes les stations d'un même canal.comme on vient d'en faire l'essai aux Etats-Unis sur un groupe de deux stations.

Passons maintenant à l'examen de la bande internationale 174-216 Mc/s : nous pouvons y loger quatre canaux de 10,5 Mc/s dont la largeur convient à une émission à 819 lignes (fig. 4). Même si on trouve que la bande est un peu étroite pour un tel nombre de lignes. il vaut mieux conserver ce nombre, non seulement parce qu'il a été fixé par arrêté, mais également parce qu'il est assez voisin de 2 fois 405 pour que l'on puisse rendre les nombres de lignes utiles exactement double l'un de l'autre, ce qui ne peut que faciliter le succès des opérations de conversion de définition du signal à 819 lignes en signal à 405 lignes. On pourrait d'ailleurs augmenter un peu la bande passante en disposant les canaux deux par deux à dos à dos dans une bande de 21 Mc/s (fig. 5) de façon que les composantes de fréquence élevée empiètent les unes sur les autres. La fréquence

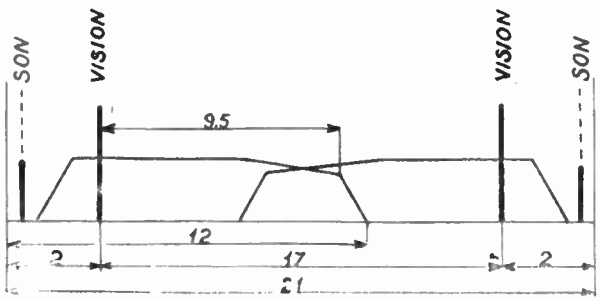


Fig. 5

vidéo maximum pourrait passer à environ 9,5 Mc/s. On ne peut toutefois envisager l'emploi de ce procédé que si les interférences dues au chevauchement ne sont pas trop visibles sur l'image.

Quoi qu'il en soit on pourrait disposer avec l'un ou l'autre arrangement de deux canaux supplémentaires dans les bandes 88-100 et 162-174 Mc/s. Avec une fréquence « vidéo » maximum de 9,5 Mc/s le canal occuperait 12 Mc/s, puisqu'il serait seul et ne pourrait être jumelé avec un autre canal dans une bande de 21 Mc/s. On utiliserait ainsi en totalité les gammes 88-100 et 162-174 Mc/s. Si l'on s'en tient à une fréquence « vidéo » maximum de 8 Mc/s environ, la largeur du canal reste de 10,5 Mc/s. On peut disposer quatre canaux entre 174 et 216 Mc/s, plus un cinquième entre 163,5 et 174 Mc/s et un sixième dans une partie de la bande 88-100 Mc/s. Par rapport à la solution précédente, on libère dans chacune des gammes supplémentaires une bande de 1,5 Mc/s de largeur dont l'utilité est évidente, surtout en ce qui concerne la bande 162-163,5 Mc/s.

Les avantages procurés par la mise à disposition d'un nombre important de canaux, soit cinq canaux tant en France (gamme 163,5-216 Mc/s) qu'en Belgique, Hollande (gammes 88-100 et 174-216 Mc/s), sont tels que toute autre considération doit s'effacer devant eux. Il faut surtout éviter d'attribuer une importance exagérée à la très légère baisse de définition horizontale que l'on constatera par rapport à l'image que permet un canal de 14 Mc/s

Une résignation opportune sur ce point peut éviter de faire échouer tout le projet français pour une question de manque d'un nombre suffisant de canaux, ce qui serait vraiment regrettable.

Nous avons vu plus haut que le réseau à 405 lignes (avec neuf canaux) était par hypothèse constitué par des émetteurs à ondes métriques longues distants d'environ 135 km., théoriquement disposés en quinconces, et en fait placés dans des villes convenablement choisies. Un tel réseau doit permettre une couverture complète du territoire. Le réseau à 819 lignes (avec quatre canaux) se superpose au précédent et comporte des émetteurs sur ondes métriques courtes placés dans les mêmes villes que ceux du réseau à 405 lignes. La distance entre émetteurs travaillant dans un même canal est de l'ordre de 270 km. Une telle distance doit suffire largement pour éviter les brouillages, surtout si on synchronise entre elles les fréquences porteuses radioélectriques et compte tenu de la puissance nécessairement limitée qui pourra être produite dans la gamme 174-216 Mc/s avec une largeur de canal de 10,5 Mc/s. La portée utile pourra varier de 20 à plus de 50 km. selon la configuration du terrain. Le canal supplémentaire pourra permettre de desservir une région importante qui se trouverait hors de portée des émetteurs du réseau normal à 819 lignes, sans perturber la répartition régulière de ces émetteurs. Bien entendu cette région serait déjà par hypothèse desservie en totalité par le réseau à 405 lignes dont les émetteurs auraient une portée utile de l'ordre de 90 km.

Pour les liaisons entre centres, que l'on suppose effectuées par relais hertziens, on peut selon une première formule ne transmettre que les signaux à 819 lignes qui dans chaque centre sont d'une part diffusés sur ondes métriques courtes, et d'autre part transformés, dans un convertisseur de définition approprié, en signaux à 405 lignes qui sont diffusés sur ondes métriques longues. Selon une autre formule, on distribuerait à tous les centres à la fois les signaux à 819 et ceux à 405 lignes dont la diffusion s'effectuerait comme il a été dit. Le choix de l'une ou de l'autre formule dépend de multiples considérations, mais il n'y a pas lieu d'exclure a priori la seconde formule, car l'adjonction au réseau de relais nécessaire en tout état de cause (son et vision 819 lignes), des émetteurs et récepteurs correspondant aux signaux de vision à 405 lignes ne représente qu'une augmentation relative minime du matériel et réclame seulement un élargissement de la bande transmise de 3 Mc/s (en modulation d'amplitude) ou de 5 Mc/s (en modulation de fréquence).

Comme on l'a vu plus haut, le choix de 405 lignes découle tout naturellement de l'adoption d'un canal de 3 Mc/s dont la largeur correspond à la division en neuf canaux de la bande disponible en ondes métriques longues. Le fait que ce nombre de lignes soit voisin de la moitié de 819, nombre fixé par Arrêté, est un heureux hasard. Le fait qu'un service existe en Angleterre avec précisément 405 lignes en est un autre. Les arguments exposés plus haut semblent d'ailleurs prouver que ce dernier pays aurait avantage à adopter également 819 lignes pour ses futures émissions à haute définition. Inversement, les services à moyenne définition du Continent devraient de préférence être exploités à 405 lignes. On recueille en effet avec ce nombre de lignes des avantages que l'on n'a pas avec des nombres de lignes même supérieurs de peu, comme par exemple 455 lignes. En effet le canal de 3 Mc/s devient alors trop étroit, il faut donc l'élargir et on perd l'avantage d'avoir neuf canaux dans une bande homogène en ondes métriques longues.

Il faut bien se garder de croire, comme certains l'ont prétendu, que le nombre de lignes de 405 est trop faible : il permet des images parfaitement acceptables chez soi et il n'y a aucune raison pour qu'il n'en soit pas de même dans vingt ans. Le progrès consistera, comme en radiodiffusion sonore, dans l'abaissement du prix des récepteurs et dans une utilisation de plus en plus complète des possibilités des Normes. Comme il a été dit plus haut, il suffit de réaliser un entrelacement correct et un champ d'exploration uniforme pour faire disparaître toutes les objections que l'on peut raisonnablement avoir à formuler contre l'adoption d'un tel nombre de lignes. Il ne restera que les oppositions irréductibles de principe au sujet desquelles il est inutile de discuter.

Il est bon de dire un mot des autres nombres de lignes proposés. Ces nombres, primitivement égaux respectivement à 567 et 1029 ont tous les deux subi des modifications, mais dans des sens opposés. Les derniers renseignements connus donnent des valeurs respectivement égales à 625 lignes et 945 lignes. Une étude détaillée du phénomène, tenant compte en particulier du vecteur vitesse, permettrait peut être de prévoir le temps nécessaire pour une rencontre entre ces deux nombres, rencontre qui semblerait devoir se faire aux environs de 819 lignes. Sans entreprendre une telle étude, on peut constater que ce dernier nombre a été choisi très heureusement et qu'il représente de ce point de vue une anticipation remarquable.

On a reproché à ce nombre de nécessiter une division de fréquence par 13, opération que certains ont considérée *a priori* comme devant manquer de stabilité. L'expérience acquise dans l'exploitation à 455 lignes fait justice de ce reproche, tout au moins lorsqu'on a pris la précaution élémentaire d'utiliser un diviseur de fréquence bien adapté et non pas un simple multivibrateur synchronisé.

Le nombre de 625 lignes n'a en soi rien de critiquable et on conçoit qu'il puisse être avantageux de l'adopter dans certains cas (télévision coloniale) comme l'a indiqué M. Delbord.

La qualité d'image que l'on obtient est bien évidemment intermédiaire entre celle donnée par 405 et 819 lignes respectivement. Comme les images à 405 lignes sont déjà très acceptables, celles à 625 lignes le sont a fortiori ; comme les images à 819 lignes sont suffisantes pour une projection sur grand écran mais avec une qualité qui n'équivaut encore qu'à celle du film de 16 mm., les images à 625 lignes donnent en projection une qualité encore plus limitée. On peut ajouter que le nombre de 625 est trop rapproché de 405 pour être adopté en Grande Bretagne comme Norme d'émission à haute définition. Nous avons vu par contre que le nombre

de 819 lignes conviendrait, et on doit souhaiter de le voir adopter à bref délai.

Quant au système à 945 lignes, l'amélioration en projection par rapport aux images à 819 lignes est faible, bien que non négligeable. Par contre ce système exige un canal de 18 Mc/s qui ne permet plus qu'un nombre beaucoup trop faible de canaux, tout au moins dans la bande des ondes métriques courtes, tandis que la réalisation des récepteurs se heurte à des difficultés fortement accrues. En ce qui concerne le prix des récepteurs, il est tout à fait plausible que la différence entre des récepteurs de même présentation extérieure et prévus respectivement pour 625 et 819 lignes soit de l'ordre de 6 à 8 % comme M. Delbord l'a montré récemment par la décomposition du prix du récepteur en prix élémentaires. On peut en déduire d'ailleurs que le chiffre précédemment donné par d'autres pour l'écart de prix entre les récepteurs à 450 et à 819 lignes et qui était précisément égal à 6 % était certainement trop faible car, s'il était exact, on serait contraint d'admettre l'égalité de prix des récepteurs à 450 et 625 lignes ou même pour ces derniers un prix inférieur ce qui serait pour le moins paradoxal.

On peut d'ailleurs utilement faire une distinction entre les récepteurs à 625 lignes en polarité positive et ceux en polarité négative. Pour les premiers nous pouvons nous en tenir à l'écart de 6 à 8 %, par rapport aux récepteurs à 819 lignes, précédemment cité. Par contre, pour les seconds, on peut estimer que l'écart change de signe et que le récepteur à 819 lignes en polarité positive serait plutôt moins cher que le récepteur à 625 lignes en polarité négative.

Toutefois, lorsque nous comparons des récepteurs à nombres de lignes divers, il peut être indiqué de considérer non plus des récepteurs de même volume mais plutôt les récepteurs les plus simples et les moins coûteux qu'il soit techniquement justifié de réaliser respectivement pour l'un ou l'autre système de Normes. De ce point de vue, le système comportant 405 lignes et un canal de 3 Mc/s est remarquable du fait qu'il permet de réaliser des économies appréciables de prix de revient même par rapport aux récepteurs de type courant à 450 lignes.

Entre les appareils du type le plus simple qu'il soit justifié techniquement d'établir pour recevoir respectivement des signaux à 405 lignes, avec canal étroit, et des signaux à 819 lignes, l'écart de prix dépasse notablement 6 % et est suffisant pour justifier pleinement l'établissement d'un réseau séparé à définition moyenne disposant de neuf canaux.

L'organisation proposée permettrait donc de distribuer :

— une image à 405 lignes, susceptible d'être reçue en tout point du territoire même par les usagers situés dans un emplacement défavorable, et permettant un très bas prix de récepteurs. Cette image est tout à fait acceptable, mais les détails que l'on peut discerner sont bien entendu limités.

— une image à 819 lignes, d'excellente qualité et présentant une finesse élevée, susceptible d'être reçue dans les grands centres et leurs environs immédiats. Il faut s'attendre à ce que le prix des récepteurs et de leurs organes accessoires soit appréciablement plus élevé que dans le cas précédent, le surcroît de prix étant d'ailleurs amplement justifié par le gain de qualité. Il n'y a donc pas lieu de s'offusquer d'un tel état de choses et il est inutile de se donner du mal pour essayer de prouver le contraire.

De toute façon, le seul criterium valable en matière de prix est constitué par les étiquettes placées à haute définition, et par suite à large bande, et dans le cadre de cette organisation, de réaliser des sur des appareils fabriqués en grande série, exposés dans des vitrines de revendeurs, et livrables sur-le-champ.

On a proposé de divers côtés de mettre sur pied une organisation ne comportant que des émetteurs récepteurs dans lesquels l'abaissement du prix de revient soit recherché en renonçant à un entrelacement correct et en réduisant la bande passante. Il semble que cette manière de procéder soit erronée et qu'on ne puisse espérer abaisser ainsi le prix des récepteurs au niveau permis par les normes (405 lignes, canal étroit) proposées plus haut. En effet, aucun gain appréciable de prix ne résulte de la suppression de l'entrelacement puisque dans un récepteur normal, l'entrelacement correct est obtenu sans introduire d'élément supplémentaire. Par ailleurs, pour une qualité donnée d'image, la fréquence d'exploration de lignes et la bande passante sont doubles de celles qui caractérisent l'image entrelacée normale correspondante à moyenne définition. Or, ces éléments, fréquence de lignes et bande de passante, influent considérablement sur le prix des récepteurs. De plus, les restrictions dues à la propagation sont bien évidemment celles qui affectent le signal à haute définition rayonné et reçu sur ondes métriques courtes.

On voit par ce qui précède que la solution reposant sur l'emploi d'un récepteur « simplifié » pour signaux à haute définition est très inférieure à la solution reposant sur la création du réseau à double définition, à la fois du point de vue du prix du récepteur et de l'étendue de la surface couverte par un émetteur donné. Il faut d'ailleurs se rendre compte que l'adjonction au réseau principal à haute définition d'un réseau complémentaire à moyenne définition transmettant le même programme se fait moyennant une dépense supplémentaire relativement faible. Rien n'empêche d'ailleurs de différer la constitution du réseau à moyenne définition jusqu'à ce que des circonstances favorables se présentent. Il suffit de garder en réserve la bande 41-68 Mc/s nécessaire pour la diffusion extensive du signal à moyenne définition.

L'acceptation de l'organisation proposée paraît d'ailleurs beaucoup plus probable maintenant qu'il y a par exemple trois ans, alors qu'il n'était pas de bon ton de trouver acceptables les images à 400 et quelques lignes et que le devoir de tout technicien digne de ce nom était de contribuer à faire disparaître au plus tôt toute émission non munie de l'étiquette prestigieuse « Haute définition ».

Il faut bien entendu que les pays qui désirent s'équiper en télévision choisissent ou 405 ou 819 lignes

et de préférence 819 puisque toute la prise de vues doit s'effectuer dans l'organisation finale selon ces normes. Ces mêmes pays doivent en tous cas éviter de choisir un autre nombre de lignes, tel que 625, qui ne permet pas, comme on l'a vu, de réaliser un réseau logique et cohérent.

Pour la diffusion du son qui accompagne les images, on peut hésiter entre la modulation d'amplitude et la modulation de fréquence. Un récepteur à modulation de fréquence coûte peut-être un peu plus qu'un récepteur simple à modulation d'amplitude, mais l'écart est faible, car les propriétés d'antibrouillage de la modulation de fréquence font qu'il n'est pas nécessaire d'éliminer, par la sélectivité des circuits, les signaux de vision d'une manière aussi poussée qu'il est nécessaire de le faire dans le cas de la modulation d'amplitude. Si nous comparons maintenant le récepteur à modulation de fréquence, qui est normalement muni d'un limiteur simple entièrement automatique, à un récepteur à modulation d'amplitude muni d'un limiteur, l'écart de prix est en faveur du premier, car dans le second cas le limiteur est compliqué et délicat. Dans l'ensemble, il paraît par conséquent préférable d'adopter la modulation de fréquence qui sera bien entendu caractérisée par une excursion réduite ($\pm$ 25 kc/s par exemple).

Il faut dire quelques mots de deux objections souvent opposées dans la littérature étrangère, sous une forme plus ou moins sournoise d'ailleurs, aux projets français d'émissions à haute définition.

Selon la première objection on dit qu'il est inutile et même nuisible d'augmenter le nombre de lignes quand la bande passante conserve une valeur donnée. Ceci est parfaitement exact en soi, mais l'objection est présentée de façon à laisser croire au lecteur que les projets français visent à négliger la question de la bande passante et à augmenter inconsidérément le nombre de lignes. Les personnes averties savent qu'il n'en est rien et que, bien au contraire, on pourrait plutôt faire le reproche au projet français de donner trop d'importance à la largeur de bande et de pencher en faveur du canal de 14 Mc/s qui ne permet plus un nombre suffisant de canaux.

La seconde objection fait état d'une prétendue impossibilité pour les tubes de prise de vues et de reproduction de présenter la finesse nécessaire pour une exploration à 819 lignes. Cette impossibilité n'existe en fait pas et les bons tubes couramment utilisés à la reproduction des images à 450 lignes peuvent parfaitement convenir aux nouvelles normes à 819 lignes, à condition bien entendu que l'on n'exige pas un spot de dimensions beaucoup plus petites que celles qui donnent l'uniformité du champ d'exploration. Quant aux tubes de prise de vues, il se peut que des tubes étrangers ultra-sensibles ne présentent pas la finesse nécessaire : tout ce que l'on peut dire c'est que les tubes très sensibles fabriqués en France sont tout à fait satisfaisants sous ce point de vue.

Il faut le dire bien haut, les démonstrations d'images à haute définition faites en France sont correctes du point de vue de la finesse des spots et de la bande des équipements et il ne faut pas laisser accréditer la légende, propagée par les adversaires des normes françaises, qu'il s'agirait d'essais sans base technique sérieuse, résultant d'une surenchère au sujet du nombre de lignes. Il résulte de tout ceci que l'on doit veiller à ce que les démonstrations soient toujours bien faites, car toute erreur à ce sujet tendrait à justifier les arguments des adversaires de la thèse française.

La question de l'équivalence entre le cinéma et la télévision du point de vue de la définition est toujours âprement débattue. L'imprécision inévitable de comparaisons de ce genre permet aux thèses les plus hardies de se développer : c'est ainsi qu'on nous a dit que la télévision à 525 lignes donnait 80 % des détails présents dans une image de cinéma normal. Le facteur 80 % semble devoir présenter dans ce domaine le même caractère d'utilité et d'application universelle dont jouit le facteur 6 % dans la question du prix des récepteurs.

Il semble en tout cas raisonnable de considérer que de bonnes images à 800 lignes sont à peu près équivalentes à de bonnes images projetées à partir de films de 16 mm. Or, il existe entre ces films et les bons films de 35 mm une différence que les spectateurs d'une salle de cinéma sont forcés de saisir immédiatement. Si l'on voulait donc réaliser une qualité réellement équivalente au meilleur cinéma, il faudrait avoir recours à des nombres de lignes nettement supérieurs à 800. On doit toutefois reconnaître que les films de 16 mm. servent couramment à une exploitation devant des publics payants, mais les tarifs pratiqués sont en général inférieurs à ceux des salles où sont projetés des films de 35 mm. On peut en déduire que la projection en grande salle d'images de télévision à 819 lignes se justifie pleinement, moyennant les quelques restrictions formulées au sujet du prix des places. Une image à 625 lignes manquerait de finesse dans une proportion appréciable par rapport à l'image à 819 lignes. Si au contraire on accroissait le nombre de lignes jusque vers 1000 on n'augmenterait pas tellement la finesse de l'image, mais les difficultés techniques seraient aggravées au point de ne plus permettre une diffusion satisfaisante à domicile, violant ainsi une condition essentielle imposée aux services de télévision faisant l'objet du cycle actuel de conférences.

Tous ceux qui ont un récepteur de télévision chez eux ont pu constater qu'ils prenaient plaisir à suivre les actualités et qu'ils ne sentaient aucune raison de ne pas trouver acceptable la qualité des images. Cependant chaque fois qu'ils avaient l'occasion de voir la même bande dans une salle de cinéma, ils ne manquaient pas d'être frappés des détails nouveaux qu'ils découvraient. La considération des deux aspects de ce phénomène psychologique constitue la meilleure justification de la diffusion simultanée à définition moyenne, avec récepteurs à très bas prix et à haute définition, avec des récepteurs d'un prix raisonnablement plus élevé.

On peut conclure en disant que quelles que soient les raisons pour lesquelles le nombre de lignes de 819 a été choisi, ce nombre caractérise une solution heureuse du problème de la radiodiffusion de télévision à haute définition. Il faut espérer que son adoption se généralisera en Europe et qu'une normalisation étendue permettra des échanges de programmes sur une grande échelle entre les pays intéressés. Nous souhaitons que cette normalisation se fasse sur les bases exposées dans la présente causerie, bases que nous croyons inattaquables sur le plan technique et avantageuses sur les plans économique et social.

COMPTE-RENDU DES DISCUSSIONS

M. HUET — Demande si la transformation de définition peut être effectuée dans de bonnes conditions. Il lui est répondu que oui. Il pose ensuite la question du passage à la télévision en couleurs. M. DELVAUX répond qu'à son avis le système viable est le système simultané et qu'on fera de la Télévision en couleurs plutôt à 819 lignes sur 500 Mc qu'à 405 lignes sur 200 Mc/s.

M. CHAUVIERRE — S'informe sur la question du 405 lignes et demande notamment si l'on doit entendre qu'on aurait l'intention de ramener à 405 lignes les émissions actuelles à 450, car alors on aurait pu choisir le standard français au voisinage de 900, double de 450. C'est une question de canaux disponibles, répond M. DELVAUX.

M. VASSY — Observe que lorsque la saturation des canaux se produira, les Standard auront de grandes chances d'être modifiés et Atlantic-City revu.

M. MONNOT — Indique que d'après les statistiques, l'acuité visuelle est égale dans les deux sens et voisine de l' d'arc. Au milieu d'une salle normale de cinéma, la hauteur de l'écran est vue sous un angle de 15°, ce qui correspond à une définition de 900 lignes. Par ailleurs, les objectifs de projection usuels diminuent la finesse des images projetées par rapport à celle de l'image du film.

Sur ces points, une discussion s'engage dans laquelle M. DELVAUX fait ressortir que le nombre des points discernables sur une verticale est de l'ordre de 2,5 fois plus faible que le nombre des lignes visibles. M. MANDEL fait état d'expériences qu'il a faites et indique la nécessité de tenir compte du contraste existant entre les détails de la structure de l'image. De plus on ne doit pas oublier que la transmission réelle n'est pas statique. Il n'est pas très gênant de perdre certains détails que l'observateur ne peut discerner qu'avec une attention soutenue et au bout de plusieurs minutes, ce que pratiquement le spectateur ne peut pas faire.

M. CAZALAS — Estime qu'on ne doit pas attacher trop d'importance aux nombres de lignes multiples les uns des autres pour la transformation de définition.

Par ailleurs, la qualité subjective d'une image dépend du contraste du rendu des brillances, etc... et pour pouvoir faire une comparaison objective, il aurait fallu disposer d'images de définitions différentes, mais toutes choses égales par ailleurs, ce qui n'a pas été réalisé. Sur ce point, M. HUET demande si la difficulté du rendu des contrastes, par exemple, croît avec la définition. M. MANDEL estime que non, à condition de distinguer le contraste entre grandes surfaces du contraste entre éléments fins.

Cette question de contrastes amène M. DELVAUX à dire quelques mots sur les divers goûts existant dans le réglage des récepteurs. Certaines personnes, pour obtenir le maximum de contrastes, règlent leur récepteur de telle sorte que le noir correspondent à la coupure totale du faisceau. Du fait de la courbure de la caractéristique, on perd des détails dans les noirs.

M. MALLEIN — Fait remarquer que dans les schémas d'aménagement du canal présenté, la partie tombante de la caractéristique à l'émission, du côté de la bande atténuée, empiète sur la partie utilisée pour l'affaiblissement progressif du récepteur.

M. DELVAUX répond que cette particularité ne présente pas d'inconvénient étant donné que seule la caractéristique globale intervient et qu'on peut en tenir compte dans le récepteur. D'ailleurs la forme réelle de cette caractéristique peut être sans inconvénient assez éloignée de la droite théorique pourvu que la symétrie autour de la porteuse soit satisfaite.

M. ANGEL pose la question de la position de la porteuse-son par rapport à la bande non atténuée. M. DELVAUX répond que les difficultés sont les mêmes dans les deux cas : on a toujours soit un « ami », soit un ennemi près de sa porteuse vision. D'ailleurs le récepteur à 729 lignes de la C. F. T. H. fonctionne avec le son du côté de la bande atténuée. Il possède un étage H. F. commun vision-son et il n'y a pas de transmodulation appréciable On notera toutefois que ce récepteur est à amplification directe.

COMMENTAIRES DE M. BARTHELEMY SUR LES DEUX COMMUNICATIONS PRÉCÉDENTES

En examinant les différentes thèses, j'avoue n'avoir pas trouvé l'argument décisif qui a déterminé le choix du standard à 819 lignes. On a parlé de « mesure définitive » ; le serait-elle plus que notre acuité visuelle, qui reste bien de l'ordre de la minute, dans les 2 axes, avec les contrastes que procurent de bons tubes cathodiques ?

On n'a pas non plus démontré que le 800 lignes constituait une barrière à front raide, au delà de laquelle les réalisations techniques et les conditions économiques sortaient d'un cadre raisonnable ; les raisons invoquées ressemblent fort à celles des défenseurs du 600 lignes quand on leur propose du 800.

Il est loin de ma pensée de créer une obstruction négative à ce que je considère comme un mouvement dans le bon sens, mais pourquoi s'être arrêté à mi-chemin, puisqu'aucune objection technique sérieuse ne limitait le progrès ? L'expérience a démontré, depuis plusieurs années, que le problème 1.000 lignes était résolu.

On a suffisamment modifié les standards depuis 15 ans. Essayons donc de définir des installations qui seront d'autant plus stables qu'elles se rapprocheront de la qualité maxima — ce sera une excellente économie.

RADARS DE NAVIGATION MARITIME [1]

PAR

G. KNIAZEFF

Chef de Service aux Laboratoires Radioélectriques

Après avoir montré la place prépondérante qu'a prise le radar dans la navigation maritime, l'auteur examine le choix de certaines caractéristiques en vue d'obtenir les performances exigées et explique les difficultés rencontrées lors de la réalisation. Il décrit ensuite le prototype expérimental dont les essais ont permis la mise au point des appareils de série ; la conception et la description de ces radars, dont le premier exemplaire équipe depuis décembre 1948 le navire de ligne « Jean-Bart », sont également exposées.

I. — Introduction.

Nés au moment de la préparation de l'invasion de l'Europe par les Alliés, les radars de navigation maritime montraient, lors des opérations de débarquement, leurs performances exceptionnelles dans la navigation en vue des côtes et dans les eaux resserrées. Améliorés par une série d'études faites tant aux Etats-Unis qu'en Grande-Bretagne, de nombreuses réalisations équipaient peu après la plupart des navires de guerre des Alliés.

Dès la fin des hostilités, la possibilité d'équiper les navires marchands fut entrevue. Mais les radars existants ne pouvaient donner satisfaction : leurs caractéristiques tenaient plus compte des nécessités de la guerre que de celles de la navigation et leur prix de revient était trop élevé, n'étant pas entré en ligne de compte lors de leur conception. Une conversion trop hâtive aurait eu des conséquences regrettables pour l'avenir, les constructeurs pouvant se laisser aller à la facilité et risquant de détruire ainsi la confiance dans l'esprit des utilisateurs. Ce sont donc des organismes gouvernementaux qui furent chargés dans les divers pays de rédiger les premières spécifications, en liaison avec les armateurs et les industriels (1), (2), (3). Celles-ci constituaient un point de départ et devaient être revisées au fur et à mesure de l'évolution de l'art de la navigation à l'aide de la détection électro-magnétique.

L'intérêt de tous, utilisateurs et constructeurs, était que des accords internationaux fussent établis. Les diverses conférences internationales sur les aides à la navigation maritime consacrèrent la place prépondérante du radar parmi les aides radioélectriques et aboutirent à une série de standardisation des caractéristiques de base, notamment l'utilisation de la bande des 3 centimètres.

L'importance du radar de navigation maritime ne fut pas sous-estimée en France (4) et dès 1946, le Service des Phares et Balises et le Comité National d'Etudes des Télécommunications établirent les spécifications (3) et firent réaliser un prototype expérimental, en liaison avec la Marine Nationale.

Construit en moins d'un an, le prototype expérimental RNM type I fut soumis à des essais systématiques en Méditerranée, durant l'été 1947, à bord du torpilleur « Somali » : après quelques modifications, l'appareil fut installé à Brest sur le baliseur « Georges-de-Joly », du Service des Phares et Balises, pour une nouvelle série d'essais, cette fois dans des conditions beaucoup plus difficiles.

Grâce à l'expérience acquise, il fut possible de concevoir et de mettre au point les appareils RNM type II. Leurs performances dépassent en général celles qu'exigent les spécifications internationales. Les montages utilisés tiennent compte des derniers perfectionnements de la technique de la détection électromagnétique et permettent la qualité et la sécurité exigées des radars de navigation maritime. Une réalisation très robuste permet leur installation à bord de bâtiments où les conditions d'exploitation sont particulièrement difficiles.

II. — La navigation maritime à l'aide de la détection électromagnétique.

Pour conduire son navire d'un point à un autre de la surface des mers, le navigateur a besoin de connaître toutes les entraves possibles à sa progression et de pouvoir déterminer constamment la position du navire avec une précision suffisante. Par bonne visibilité, l'œil et les instruments d'optique sont les moyens de base. Par mauvaise visibilité, le navigateur, non aidé, doit réduire la vitesse du navire, émettre des signaux sonores et naviguer au jugé. Les aides radioélectriques à grandes distances donnent la possibilité de déterminer la position du navire en pleine mer. Le radar, parce qu'il « voit », quelles que soient les conditions de visi-

(1) Une partie de cet article a fait le sujet d'une conférence présentée par l'auteur, le 26 mars 1948, à la Société des Radioélectriciens.

bilité humaine et avec une puissance bien supérieure à celle de l'œil, fournit près des côtes les connaissances nécessaires au pilotage, et, en pleine mer, les renseignements permettant d'éviter les collisions.

Toutefois, alors que les instruments d'optique fournissent une grande précision dans la mesure des angles et une faible précision dans la mesure des distances, la détection électromagnétique donne dans la mesure des distances une précision inconnue jusqu'ici et dans la mesure des angles une précision moyenne. On conçoit que la science de la navigation soit appelée à évoluer de ce fait, tout au moins en ce qui concerne le pilotage dans les eaux resserrées et le cabotage.

Les renseignements collectés par le radar sont présentés au navigateur à l'aide d'un indicateur panoramique. Dans ce mode de représentation les échos apparaissent sur l'écran rémanent d'un tube cathodique comme de petits arcs de cercle lumineux dont la distance au centre, qui correspond à la position du radar, est à une certaine échelle la distance de l'obstacle et dont l'azimut est soit l'azimut, soit le gisement de l'obstacle ; l'intensité lumineuse des arcs de cercle dépend de l'amplitude des échos et l'on obtient ainsi une véritable carte où la variation de luminosité est fonction de la topographie des lieux : une surface lisse comme celle de l'eau calme apparaît comme une tache sombre, tandis que les terres donnent des taches d'autant plus lumineuses qu'elles sont plus élevées. Un objet flottant apparaît d'autant plus brillant que ses dimensions sont plus grandes.

Alors que, pour éviter les collisions, il suffit de déceler la présence d'un obstacle et d'en évaluer la position et la course relatives, la comparaison de la carte avec l'image demande à celle-ci une finesse d'autant plus grande que la topographie de la côte est moins marquée. Les radars de navigation peuvent être classés en trois catégories, suivant la facilité plus ou moins grande avec laquelle ils permettent le pilotage dans les eaux resserrées, c'est-à-dire, suivant leur pouvoir de résolution en distance et en gisement (1). Le pouvoir de résolution en distance est la distance minimum entre deux objectifs apparaissant encore séparés sur l'indicateur panoramique. Ce pouvoir dépend de la durée de l'impulsion d'émission, des caractéristiques du récepteur et de l'indicateur. Le pouvoir de résolution en gisement est l'angle minimum sous lequel doivent être vus deux obstacles, situés à la même distance du radar, pour qu'ils apparaissent séparés sur l'indicateur. Ce pouvoir dépend de la largeur horizontale du faisceau d'antenne et des caractéristiques de l'indicateur.

L'expérience a montré que le navigateur a d'autant plus confiance dans le radar que la définition de l'image est plus élevée. C'est pourquoi les constructeurs, à quelques rares exceptions près, se sont attachés à la réalisation d'appareils à grand pouvoir de résolution, ce qui conduit, si l'on désire garder des dimensions non prohibitives d'aérien, à travailler sur une longeeur d'onde voisine de 3 cm.

Deux autres caractéristiques fondamentales servent encore à exprimer la qualité d'un radar : ce sont la distance maximum et la distance minimum auxquelles un obstacle donné cesse d'être visible. Les performances à obtenir pour ces quatre caractéristiques sont fixées dans les spécifications gouvernementales. Nous ne considèrerons ici que les caractéristiques des radars à haute définition, classe à laquelle appartiennent les radars R. N. M. type I et R. N. M. type II.

Nous avons déjà parlé de la fonction d'anticollision en pleine mer, qui renseigne le pilote sur la présence des dangers à la navigation (bateaux, icebergs, ...). On considère que la décision d'altérer la course du navire doit être prise 5 minutes avant la possibilité de la rencontre. Ceci conduit à la nécessité de détecter les gros bâtiments à au moins 7 milles marins et les petits bateaux de pêche à au moins 3 milles marins.

En vue des côtes, le navigateur peut faire le point après avoir reconnu des points caractéristiques (phare, balise, détails de la côte...) suivant plusieurs méthodes. La première identique à celle utilisée en navigation classique, est basée sur des mesures d'angles et donne de bons résultats si l'erreur sur le relèvement est inférieure à 2°. La seconde exige la mesure des distances à deux points et c'est la plus précise avec la détection électromagnétique. Enfin la troisième, intéressante parce qu'elle ne demande que la connaissance d'un point, combine une mesure d'azimut avec une mesure de distance. Les spécifications demandent que la côte puisse être détectée à une distance d'au moins 20 milles marins si son altitude atteint 60 mètres, et 7 milles marins si elle atteint 6 mètres.

La troisième fonction du radar est de fournir les éléments pour le pilotage dans les eaux resserrées (chenaux, estuaires, rivières,...). Elle exige qu'une bouée commence à être visible à au moins 2 milles marins et cesse de l'être à 100 mètres au plus, et que les pouvoirs de résolution en distance et en gisement soient respectivement de 100 mètres et de 3°.

Depuis quelque temps les navigateurs ont appris à se servir du radar pour déterminer les conditions atmosphériques des régions qu'ils vont traverser. En effet, la pluie et la neige font apparaître sur l'indicateur panoramique des échos semblables au bruit de fond du récepteur, mais qui en diffèrent toutefois par une plus longue persistance, parce que plusieurs impulsions ont le temps de frapper un paquet de pluie ou de neige avant qu'il ne change de configuration. On peut détecter de cette façon les orages jusqu'à une distance de plusieurs dizaines de milles, et ainsi renseigné, soit altérer la route, soit prendre toutes les précautions utiles.

Pour que le radar soit utilisé avec efficacité, il faut obtenir la coopération sans restrictions du navigateur, et, pour cela, lui donner confiance dans l'appareil. Celle-ci sera obtenue si le pilote est sûr des renseignements que lui donne l'indicateur panoramique (renseignements qu'il peut contrôler dans les régions qu'il connaît particulièrement, si l'appareil a la haute définition nécessaire). Il faut aussi que l'appareil soit d'un fonctionnement sûr, rarement en panne : et si une interruption se produit, le navigateur doit aussitôt en être averti, sinon il

risque d'interpréter une absence d'échos comme une absence d'obstacles. Comme un navire peut rester plusieurs mois loin d'un port équipé pour l'entretien des radars, toutes les opérations de dépannage et d'entretien doivent pouvoir être faites sur place, avec les moyens du bord ; ceci exige une construction robuste où tous les points sont accessibles avec le minimum de manœuvre, et des circuits conçus pour être facilement dépannables et indéréglables par les changements de pièces détachées.

Enfin, il est nécessaire d'enseigner au pilote que le radar a des possibilités et des limites. Sa possession ne dispense en aucune façon de l'application des règles de la sécurité en mer. Il est bon de rappeler ce point à la suite de récentes collisions, qui viennent de se produire dans les eaux américaines, entre navires équipés de radars.

III. — Caractéristiques techniques des radars de navigation.

Se basant sur les performances exigées pour les portées et les pouvoirs de résolution en distance et en gisement, les spécifications gouvernementales indiquent les caractéristiques principales à donner au radar (3). En fait, elles définissent toujours une seule limite, minimum ou maximum suivant le cas, laissant au constructeur le soin de déterminer la valeur optimum, soit par l'expérience, soit par des considérations de difficulté ou de prix de revient. Nous allons énoncer brièvement les spécifications les plus importantes pour la conception générale de l'appareil.

1° *Indicateur panoramique.* — L'écran du tube cathodique devra avoir un diamètre utile d'au moins 18 cm. Les échelles, au nombre de trois au minimum, seront préréglables dans les limites suivantes : 2-5 milles, 4-15 milles, 15-30 milles. La mesure des distances sera possible de 500 mètres à 30 milles avec une précision au moins égale à la plus grande des deux valeurs suivantes : $\pm$ 2 % de la distance ou 50 mètres. Les relèvements seront effectués à l'aide d'une alidade et d'un cadran lumineux : l'erreur absolue entre l'antenne et l'affichage ne dépassera pas 2°. Sur les navires équipés de gyrocompas, l'indicateur pourra être asservi, c'est-à-dire que le haut de l'image correspondra au nord, un trait lumineux indiquant le cap du navire.

2° *Antenne.* — Le réflecteur sera constitué par un paraboloïde tronqué ou son équivalent. La largeur horizontale de faisceau sera au maximum de 2° à demi-puissance avec des lobes secondaires inférieurs à 25 db. Pour empêcher le rayonnement de quitter un objectif à l'horizon pendant un gite de $\pm$ 7,5 degrés, l'antenne devra, soit être stabilisée, soit avoir une largeur verticale de faisceau d'au moins 15° aux points de demi-puissance. La vitesse de rotation en azimut sera de 6 à 15 tours par minute pour la puissance de crête et la fréquence de répétition indiquées. Au cas où l'on désirerait une plus grande vitesse de rotation, ces caractéristiques devraient être augmentées pour compenser la perte de sensibilité.

3° *Emetteur.* — L'émission se fera dans la bande 9 320-9 430 Mc/s ; la puissance de crête sera de 15 kW au minimum ; les impulsions seront émises avec une fréquence de répétition de 800 par seconde au minimum, et auront une durée de 0,5 microseconde maximum. L'affaiblissement dans la ligne de transmission principale, depuis la source jusqu'à l'aérien, ne devra pas être supérieur à 3 db.

4° *Récepteur.* — Les bandes passantes haute fréquence, moyenne fréquence et vidéo fréquence seront optimum pour la durée d'impulsion choisie. L'amplification totale sera de 120 db au minimum. Le facteur de bruit effectif ne dépassera pas 15 db. La fréquence de l'oscillateur local sera contrôlée automatiquement. Des dispositifs de commande de la sensibilité en fonction du temps (C. S. T.) et de constante de temps rapide (C. T. R.) équiperont le récepteur.

5° *Prévisions en vue de modification future.* — La conception fondamentale du radar sera telle qu'il puisse être modifié rapidement et à peu de frais pour recevoir les signaux des balises répondeuses. Dans les plans actuels on considère que ces signaux seront sur 9 310 Mc/s et 9 256 Mc/s .

6° *Indicateurs supplémentaires.* — Il est recommandé de prévoir la possibilité d'adjoindre des indicateurs ayant des commandes indépendantes, pour les installer, soit dans la salle des cartes, soit dans le carré des officiers. Ces indicateurs pourront servir à la navigation dite « par superposition », lorsque des « cartes radar » seront établies.

Comme on le voit, ces spécifications laissaient une grande initiative au constructeur. En fait, elles constituaient un point de départ pour la réalisation d'un prototype expérimental ; c'est seulement après que des essais systématiques en mer auraient été effectués, que les caractéristiques à donner aux appareils de série pourraient être établies en accord avec les utilisateurs.

La conception d'un radar de navigation maritime doit être un compromis entre des nécessités souvent contradictoires, mais toutes importantes :

1° Performances élevées, mais se conservant par mauvais temps : il est inutile d'obtenir des performances excellentes par beau temps, si pour cela on doit sacrifier sur les performances par mauvais temps.

2° Simplicité de l'utilisation.

3° Robustesse.

4° Facilité d'entretien et de dépannage.

5° Facilité d'installation.

6° Coût de l'appareil, de l'installation, de l'entretien.

Un exemple typique du compromis à faire est fourni par l'antenne. En diminuant la largeur horizontale du faisceau, le pouvoir de résolution en gisement et le gain augmentent, tandis que les échos de pluie et les échos des vagues diminuent ; si la vitesse de rotation et la fréquence de répétition restent constantes, le nombre d'impulsions par largeur de faisceau diminue ; mais, pour avoir une

ANALYSES

1. — *La pagination adoptée permet de détacher facilement les analyses du reste de la revue.*

2. — *Le nombre qui précède chaque analyse est celui de la classification décimale adoptée par le Laboratoire National de Radioélectricité (voir O. E., 228, mars 1946, pages 1A-7A).*

3. — *Les références bibliographiques comportent, après le titre de l'article et le nom de l'auteur, le titre abrégé de la revue, le tome (en caractères gras), éventuellement le numéro du fascicule, le mois et l'année, et enfin l'indication des pages*

4. — *Pour les abréviations utilisées pour les titres des principales revues citées, se reporter à : O. E. 228, mars 1946, page 1A*

T. 0. — GÉNÉRALITÉS PRÉLIMINAIRES.

T. 041. — T. 50. — Relations entre la vitesse de transmission, la largeur de bande et le rapport signal/bruit.

par C. W. Earp, *Electr. Comm.*, juin 1948, 25, 2, 178/195.

Il est à la mode de « repenser » tous les principes de base des radiocommunications. Dans cet article (écrit en 1946, avant le progrès des modulations par impulsions codées), l'auteur soumet un certain nombre de réflexions personnelles sur les possibilités des différents types de signaux.

Il montre d'abord que si l'on prend comme seul critérium, la possibilité de communiquer malgré le bruit, le système » à bande latérale unique » est idéal.

Mais on peut se proposer d'autres choses : par exemple, d'améliorer le rapport signal/bruit en élargissant la bande occupée ; c'est ce que font la modulation de fréquence et la modulation d'impulsions. L'auteur en discute les limites ; il conclut que cette « expansion » de la bande est favorable, mais seulement jusqu'à un certain point, en introduisant d'autres risques de bruit qui peuvent prédominer. En tous cas, il y a intérêt à ce que l'énergie transmise soit uniformément répartie dans la bande occupée.

L'auteur envisage enfin le principe énoncé par Reeves de « quantifier » les amplitudes transmises, en les ramenant à un certain nombre de niveaux fixes — par exemple 32 pour la téléphonie — et en transmettant à chaque instant l'indication du niveau par tout procédé de codage en une ou plusieurs voies — par exemple par la combinaison « marche » ou « arrêt » de 5 voies différentes, soit 25 = 32 valeurs. Si ces indications sont assez différenciées pour ne pas risquer d'être altérées par le bruit, on peut arriver à un rapport signal/bruit aussi élevé que l'on veut. On peut aussi, inversement, réduire la bande passante. Après quelques discussions théoriques, l'article parvient à une conclusion assez nuancée. « Le système à impulsions codées ne déloge le système à bande latérale unique, de sa position idéale, que si l'on dispose effectivement d'un excédent de largeur de bande ». « De même que la bande latérale unique n'a pas remplacé la modulation d'amplitude simple, dans bon nombre de cas, de même la complexité des dispositifs à impulsions codées peut retarder ou empêcher leur développement, même quand la largeur de bande est disponible ». Enfin « il est possible que la Nature ait choisi, pour la voix humaine, une bande de fréquences particulièrement favorable, à laquelle des systèmes très perfectionnés reviendront comme à un optimum naturel ».

P. D.

T. 1. — MESURES.

T. 132. — T. 134.2. — Mesures dans les diélectriques solides en hyperfréquences.

par W. H. Surber, G. E. Crouch, *J. Appl. Phys.*, décembre 1948, 19, 12, p. 1130/1139.

La méthode employée convient particulièrement aux diélectriques à pertes moyennes ou élevées. Elle consiste à placer un échantillon de diélectrique dans un guide, terminé soit par un court-circuit, soit par une ouverture (°), et à mesurer le taux d'ondes stationnaires et la position des nœuds de tension. On en déduit simplement la constante diélectrique ε et la tangente de l'angle de pertes δ.

Description de l'appareillage ; discussion des sources d'erreurs et de leur correction ; tableau de résultats obtenus avec ondes de 1,25 cm. sur une vingtaine d'isolants industriels : ε va de 1,62 (bois) à 8,22 (micalex) ; tg δ va de 0,0006 (« Teflon ») à 0.250 (« Catalin »).

P. D.

T. 2. — RAYONNEMENT - PROPAGATION.

T. 210. — Limitations physiques des antennes omnidirectionnelles.

par L. J. Chu, *J. Appl. Phys.*, déc. 1948, 19, 12, 1163/1175.

Depuis les ondes longues jusqu'aux ondes lumineuses, il semble exister une limite pratique au gain ou à la directivité des systèmes rayonnants. Cette limite est-elle infranchissable, au moins théoriquement ? D'après divers auteurs, non ; il est toujours possible de trouver, sur le papier, une distribution de courants à l'intérieur d'un volume donné, procurant un gain indéfini. Mais cette distribution correspond-elle à un rendement et à une largeur de bande acceptables ? C'est à cette seconde question que répond le présent article dans le cas d'une antenne omnidirectionnelle, pour les diverses polarisations.

L'auteur parvient à calculer un schéma « équivalent » de l'antenne la plus générale ,et le quotient de l'énergie « emmagasinée » à l'énergie « rayonnée », c'est-à-dire un coefficient analogue à la surtension Q d'où l'on pourra évaluer la largeur de bande et le rendement pratiques. Il cherche alors à rendre maximum le gain G, ou le rapport G/Q, ou à rendre minimum Q, et parvient aux conclusions suivantes :

Si la plus grande dimension de l'aérien est $2a$ (c'est-à-dire si l'aérien loge dans une sphère de rayon a), le gain ne peut dépasser la valeur « normale » $4a/\lambda$, que moyennant une montée « astronomique » du coefficient Q.

L'aérien ayant la plus large bande est celui qui présente le même diagramme directif que le dipôle élémentaire.

Des articles utlérieurs traiteront le cas des aériens dirigés.

P. D.

T. 211.1. — Théorie de l'antenne biconique.

par C. T. Tai, *J. Appl. Phys.*, décembre 1948, 19, 12, 1155/1160.

Reprise d'une étude antérieure de Schelkunoff et de Smith (J. Appl. Phys. 19, 11, 1948) en tenant compte d'ondes « complémentaires ». Graphiques donnant les résultats : amélioration pour les grands angles au sommet.

P. D.

(°) en fait, par un tronçon quart d'onde équivalent à une impédance infinie.

FOIRE DE PARIS 1949

STAND nº 10.411 — HALL 104

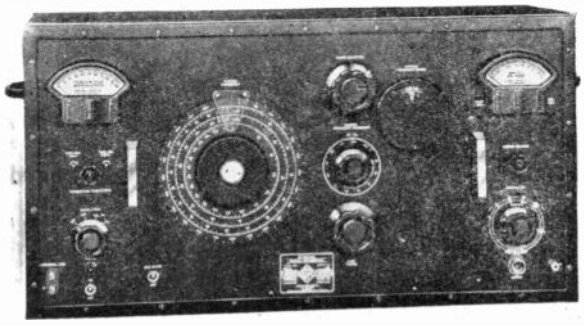
Ets RADIOPHON

agent général des meilleures marques d'appareils de mesures et pièces détachées AMÉRICAINES

- *General Radio Company*
- *Allen B. Du Mont Laboratories inc.*
- *Weston Electrical instrument corp.*
- *Rubicon Co.*
- *Freed Transformer Co, Inc.*
- *Stevens - Arnold, Inc.*
- *Kay Electric*
- *Sprague Electric Co.*

General Radio Company

CAMBRIDGE — MASSACHUSETTS - U. S. A.



STANDARD-SIGNAL GENERATOR TYPE 805 - C

Fréquence: 16 Kc à 50 Mc — Tension de sortie: 0,1 µV à 2 V. (variation continue) — Impédance de sortie : 37-5-7,1-0,75 ohms — Nédulation : 400 et 1,000 pps - 0 à 100 %

La lecture de la tension de sortie s'effectue sur un voltmètre à lampes gradué de 0,1 à 2 V. placé à l'entrée de l'affaiblisseur décimal. La modulation produite par un oscillateur RC, amplifiée par une lampe de puissance, est appliquée à la plaque de la séparatrice, en série avec un circuit accordé HF

Ets RADIOPHON 50, RUE DU FAUBOURG POISSONNIÈRE PARIS - 10e — TÉLÉPHONE PRO. 52-03-04

AG PUBLÉDITEC-DOMENACH

Mieux *qu'un rhéostat,*

Plus *qu'un survolteur-dévolteur,*

pour toutes les applications exigeant une tension précise,

L'ALTERNOSTAT

"FERRIX"

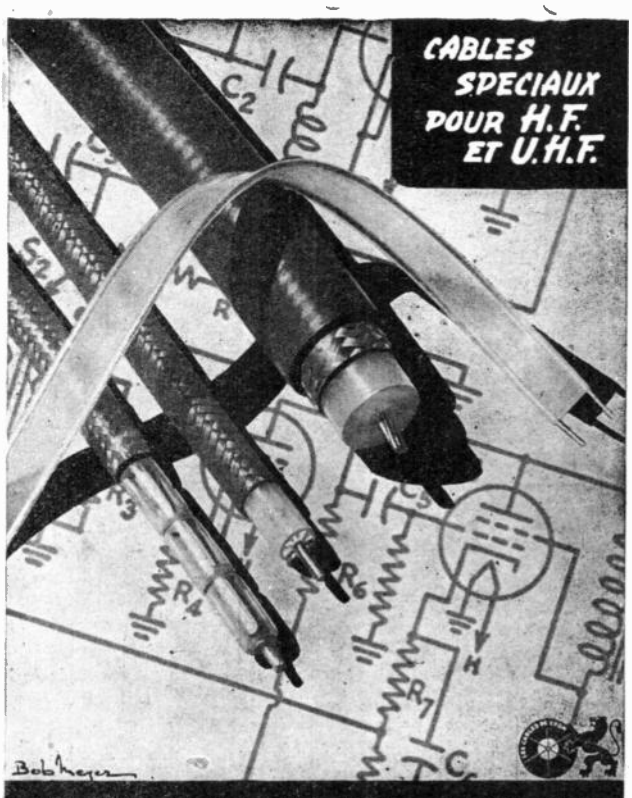
permet un réglage de 0 à 136 % de la tension du réseau.

DOCUMENTATION SUR DEMANDE

S. A. F. A. R. E.
98, Avenue Saint Lambert - Nice
Tél. 849-29

Agence de Paris
172, Rue Legendre - Paris 17e
MARcadet 99-21

R. L. Dupuy



LES CABLES DE LYON
170 AVENUE JEAN-JAURÈS LYON

T. 212. — T. 261. — Caractéristiques de rayonnement vertical des aériens sur un sol non homogène.

par H. KOHLER, *Elektrotechnik*, nov. 1948, 2, 11, 297/304.

Etude théorique et pratique sur la déformation du diagramme vertical des aériens dirigés au voisinage du sol, et les possibilités de goniométrie en hauteur dans la gamme des ondes métriques.

Mention spéciale est faite d'un dispositif de Stenzel, comprenant deux systèmes d'antennes étagés de largeur différente et de diagramme inégalement pointus, mais dont les « centres de gravité » coïncident. Sur le sol homogène, l'étalonnage d'un tel goniomètre peut être calculé.

Réalisé sur un terrain choisi (côte du Holstein), et soigneusement expérimenté sur ondes 2,4 et 1,5 m l'appareil a donné des résultats assez différents de ceux prévus ! la cause de cette discordance est attribuée aux irrégularités inévitables dans les constantes du sol environnant, et par suite, dans le coefficient de réflexion. Après discussion approfondie, l'auteur conclut que le dispositif est encore utilisable moyennant l'adjonction d'une courbe de correction expérimentale, tant que cette courbe ne présente qu'une seule branche c'est-à-dire pour le cas étudié, tant que la hauteur du « centre de gravité » des aériens au-dessus du sol ne dépasse pas 1,35 fois la longueur d'onde. La précision demeurerait alors de l'ordre du demi-degré.

P. D.

T. 212.1. — T. 551. — Nouveaux progrès des Goniomètres de Marine.

par H. BUSIGNES, *Electr. Comm.*, juin 1948, 196-203.

Comment se placent les goniomètres, et notamment les goniomètres automatiques, devant tous les nouveaux systèmes de radio-navigation (Loran, Radar, etc) ?

Il est vrai que les principes de base n'ont guère changé depuis vingt ans ; l'auteur les retrace rapidement, et mentionne les avantages de la combinaison cadre-tournant avec oscillographe cathodique (Des photographies caractéristiques sont reproduites). L'appareillage nécessaire à bord est simple et sûr ; le réseau des radiophares côtiers d'émission, est relativement peu coûteux ; l'auteur estime donc que le goniomètre doit tenir sa place comme moyen de navigation « à moyenne distance » (50 à 150 milles) entre le Radar d'atterrissage et le Loran de pleine mer.

Mais en outre, ces principes pourraient être modernisés, notamment par association avec émissions à impulsions, des mesures de distances par répondeurs, ou au contraire une réduction de largeur de bande et l'indication directe automatique des gisements de plusieurs émetteurs.

P. D.

T. 212.1. — T. 551. — Quelques principes d'établissement des aériens de goniométrie à ondes courtes sur les navires de guerre.

par C. CRAMPTON, W. STRUSKYNSKI, S. de WALDEN, P. G. REDGMENT, *J. Inst. El. Eng.*, novembre 1948, III, 95, 38, p. 437/453.

Difficultés d'installation des goniomètres à ondes courtes à bord des navires de guerre : l'encombrement des superstructures oblige à les placer dans des zones où le champ est totalement distordu. Solution préconisée : cadres croisés en tête de mât, reliés par feeders à un goniomètre à chercheur amplificateur double et observation oscillographique. Antenne axiale verticale surmontant les cadres, pour lever du doute. Vérification par injection d'un signal dans un petit cadre auxiliaire à 45°. Description et discussion, précautions nécessaires à la symétrie.

P. D.

T. 212.2. — Antennes «.discones.» à gain élevé.

par A. G. KANDOIAN, W. SICHAK, R. A. FELSENHELD, *El. Comm.*, juin 1948, 25, 2, 139-147.

Nouveaux résultats obtenus avec l'antenne « discône » antérieurement décrite (El. Comm. mars 1946 p. 26/34).

En empilant les unes au-dessus des autres, plusieurs antennes discônes (par exemple 9) on obtient une directivité marquée dans le plan vertical ; on peut, par exemple, pour un émetteur d'aérodrome, obtenir dans la gamme 960/1 215 Mcs un gain de 8 avec un faisceau concentré à 3,5° au-dessus de l'horizon (mais sans pouvoir directif horizontal). Réalisation pratique, courbes et photographies.

On peut également, en plaçant une antenne discône au foyer d'un miroir parabolique, obtenir un faisceau effilé, de révolution, avec des gains peu inférieurs aux types classiques, mais dans des bandes beaucoup plus larges, par exemple 700 à 3 100 Mcs. Courbes et formules donnant les performances et le taux d'ondes stationnaires sur feeder d'alimentation RG-8-U- (pertes 0,28 dB par mètre à 1 000 Mcs, 56,0 dB/m à 3 000 Mcs).

P. D.

T. 221. — Portée des radiocommunications à faible puissance.

par M. V. CALLENDAR, *J. Inst. El. Eng.*, novembre 1948, 95, III, 38, p. 425/435.

Par « radiocommunications à faible puissance », l'auteur entend, un peu arbitrairement, celles qui ont lieu par onde « de sol », sans intervention possible de l'ionosphère. La propagation est alors régulière et connue, en particulier par les récents travaux de Burrows et Norton. L'article commence par les récapituler sous une forme nouvelle, en mettant en évidence le rôle des différents facteurs : distances critiques, hauteur des aériens, nature du sol, polarisation, etc.

Mais le calcul de la portée suppose aussi d'autres données, parfois plus incertaines, que l'auteur discute à leur tour : rendement à l'émetteur, en fonction du développement de l'aérien (p. ex., antennes de 4 pieds et de 12 pieds) et de la qualité des circuits ; sensibilité du récepteur, en tenant compte de la nature du trafic, des bruits externes et internes, et du soin apporté à sa construction.

Les résultats sont finalement présentés par deux graphiques (fig. 10 et 11) donnant les portées sur terre et sur mer, de jour et de nuit, pour quelques cas-types ; une série de « règles pratiques » s'en dégagent.

L'ensemble apporte une intéressante contribution à un problème complexe.

P. D.

T. 232.8. — T. 254. — L'absorption atmosphérique des ondes millimétriques.

par H. R. L. LAMONT, *Proc. Phys. Soc.*, 1er déc. 1948, 61, 6, 348, p. 562/569.

Série d'expériences sur la propagation des ondes de 4,48 à 6,34 mm. à des distances atteignant 2 Km. On a trouvé un maximum d'absorption très net (17,5 dB/Km) pour la longueur d'onde 5 mm, ce qui confirme la théorie de Van Vleek sur l'importance, dans cette région, de la résonance propre de la molécule oxygène.

P. D.

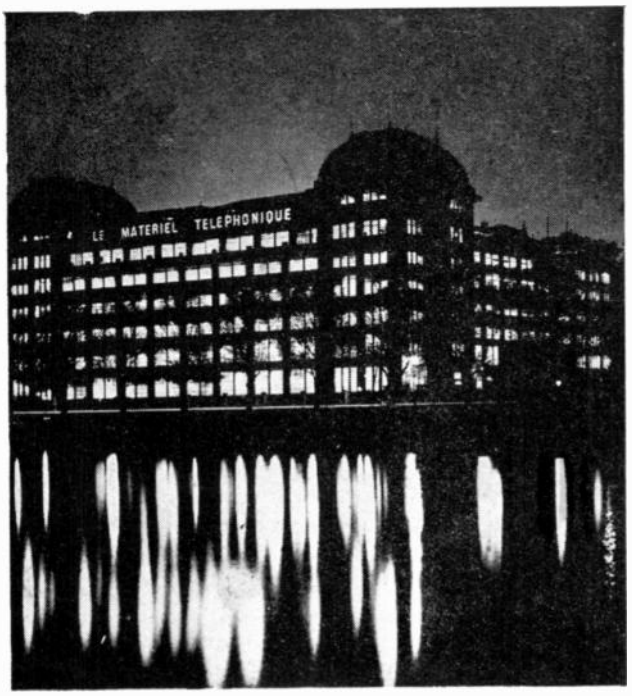
T. 4. — AMPLIFICATION ET RÉCEPTION.

T. 47. — Récepteur à fréquence fixe très élevée.

par W. C. LANE, T. C. CLARK, *El. Comm.*, juin 1948, 25, 2, 132/138.

Description d'un récepteur extrêmement soigné pour fréquence fixe comprise entre 118 et 136 Mcs (pour aérodrome). Deux étages H. F. à lampe 9 003 et transformateurs accordés ; mélangeuse 6 AK 5 avec oscillatrice séparée à quartz ; trois étages M. F. sur 6,325 Mcs avec quatre transformateurs doubles accordés ; détection et B. F. — Performances obtenues : la largeur de bande à 60 dB est seulement 2,88 fois la largeur à 6 dB. — Régulation automatique de gain et limitation de parasites très efficaces. — Finalement l'appareil reçoit à 120 milles un émetteur d'avion de 5 watts et n'est pas perturbé par un émetteur voisin écarté de 0,1 Mcs.

P. D.



ÉMETTEURS ET RÉCEPTEURS POUR STATIONS FIXES DE RADIODIFFUSION ET DE RADIO COMMUNICATIONS ● ÉMETTEURS-RÉCEPTEURS MOBILES ● TÉLÉVISION ● ATTERRISSAGE SANS VISIBILITÉ, SYSTÈMES DE NAVIGATION ● TUBES ÉLECTRONIQUES ET QUARTZ PIÉZO-ÉLECTRIQUES ● RÉCEPTEURS DE RADIODIFFUSION ● MICROPHONES, PUBLIC-ADRESS, ÉQUIPEMENTS DE STUDIO

Radio L.M.T.

Le Matériel Téléphonique

Société Anonyme Capital 600.000.000 de Francs

46, Quai de Boulogne, BOULOGNE-BILLANCOURT

COMPAGNIE INDUSTRIELLE DES TÉLÉPHONES

Direction générale — Usine et service commercial

2, RUE DES ENTREPRENEURS
PARIS (XV^e^)
VAU. 38-71

CIT

- ÉQUIPEMENTS TÉLÉPHONIQUES & TÉLÉGRAPHIQUES
- CENTRAUX TÉLÉPHONIQUES PUBLICS & PRIVÉS
- APPAREILS DE MESURE
- SONORISATION

PUBL. RAPY

U.H.F. *et* V.H.F.

★ **GÉNÉRATEURS de SIGNAUX et CONTROLEURS d'ONDES de 30 à 252 MC/S.**

★ **QMÈTRE 30 à 252 MC/S.**

★ **TUBE VOLTMÈTRE** Capacité d'entrée ⏚ de μμ F.

★ **THERMOCOUPLES.**

★ **BOLOMÈTRES.**

★ **QMÈTRE 50 KC/S 50 MC/S.**

★ **APPAREILS SPÉCIAUX** sur demande.

P.H.F.

LA PRÉCISION HAUTE FRÉQUENCE

J. L. AMIOT

21, AVENUE GOURGAUD
PARIS-17^e^ — GAL. 99-70

T. 482. — T. 555. — Un récepteur non saturé par les échos des obstacles (anticlutter radar).

par R. V. ALRED, *Journ. Inst. El. Eng.*, novembre 1948, 95, III, 38, p. 459/465.

On sait que dans les récepteurs radars ordinaires, l'écho des buts désirés — même relativement fort — peut être masqué par les échos d'obstacles à distances voisines : montagnes, falaises, pluie, vagues... Différents artifices de régulation automatique ont été mis en œuvre pour atténuer ce défaut. L'auteur en présente un nouveau, consistant simplement à rendre *logarithmique* la sensibilité du récepteur ; il suffit pour cela de shunter les impédances plaque des étages successifs par des diodes convenablement polarisées. L'amélioration ainsi obtenue est discutée par le calcul et prouvée par des photographies.

Le récepteur « logarithmique » peut d'ailleurs être avantageux dans d'autres cas, p. ex. dans le guidage par faisceaux croisés.

P. D.

T. 5. — EXPLOITATION ET APPLICATION.

T. 542. — T. 232.5. — Premiers essais pratiques de télévision en Suisse.

par J. DUFOUR, *Techn. Mitt.*, décembre 1948, XXVI, 6, p. 241/248.

Durant l'été 1948, à l'occasion de l'exposition suisse de Radio ont eu lieu à Zurich des démonstrations de télévision avec matériel Philips, et l'Administration des P. T. T. suisse en a profité pour étudier la distribution du champ, la qualité de la réception et les possibilités d'un service permanent.

L'article rend compte de ces expériences et en tire les conclusions. Des tableaux, cartes et graphiques expriment la répartition du champ et la qualité correspondante de l'image (inacceptable au-dessous de 0,7 Mv/m, généralement bonne au-dessus de 3 mv/m). L'influence des obstacles est nette : — 6 dB, en moyenne, pour quelques arbres ou maisons isolées ; — 10 dB pour des pâtés de maisons (rues d'une ville) ; — 20 à — 40 dB pour le masque d'un osbtacle « topographique » (colline). Les réflexions locales sont facilement éliminées par un aérien avec réflecteur. Les parasites des automobiles sont gênants dans un faible rayon ; ceux des installations de haute fréquence industrielle sont notablement plus gênants.

En conclusion, un émetteur de 2 Kw conviendrait pour desservir Zurich.

P. D.

T. 552. — T. 555. — Radar pour aviation civile.

par S. FREEDMAN, *Communications*, janvier 1949, p. 10-11 et 26.

Un nouveau radar léger (30 Kgs) vient d'être mis au point pour les avions de lignes commerciales et expérimenté sur un D. C. 3. L'article en discute les avantages sur le plan économique. Il est vrai que l'équipement coûte cher à l'achat, et surtout par le poids mort qu'il représente (environ 10 000 dollars par an de charge payante en moins). Mais il permet par ailleurs de notables économies : la sécurité de navigation qu'il apporte est considérable, même en présence des autres procédés radio, qui peuvent toujours être en défaut (déviations des goniomètres et des faisceaux de guidage, avec la nuit, les obstacles, les irrégularités de propagation) ; il permet soit d'aller tout droit et de gagner du temps, soit d'éviter les orages, reliefs de terrain... etc ; en facilitant l'atterrissage sans visibilité, il évite les risques d'accident, encourage les passagers, et, en permettant de diminuer les réserves de combustible, il donne finalement un accroissement (au lieu d'une diminution) de charge payante.

P. D.

T. 6. — DÉTAILS ET CONSTRUCTION DES APPAREILS ET DU MATÉREIL.

T. 641.1. — Noyaux en poudre d'alliages fer-nickel.

par S. E. BUCKLEY, *El. Comm.*, juin 1948, 25, 2, 126/131.

Améliorations obtenues dans les bobinages pour fréquences audibles (et jusqu'à 100 Kc/s) par l'emploi de poudres de *permalloy* et *permalloy-molybdène* : augmentation de la surtension (jusque vers 250/300 pour des noyaux de 30 centimètres cubes ; augmentation de la stabilité (perméabilité indépendante du champ magnétisant et de la fréquence) valeur 13 à 125).

P. D.

T. 9. — DIVERS.

T. 910. — Traité de physique électronique.

par Lucien CHRETIEN, 368 pages - 344 figures - Editions, E. CHIRON.

Dans la même collection — où paraîtra également la traduction de certains des ouvragesde l'« Encyclopédie Radar » du « Massachussetts Institute of Technology » — la Maison CHIRON publie une seconde édition, revue et augmentée, de ce traité de physique électronique, déjà bien connu et apprécié.

Comme on le sait, il s'agit d'un ouvrage extrêmement vaste, embrassant à peu près l'ensemble des connaissances physiques, et les présentant à partir de la conception électronique.

On jugera de la variété des sujets traités par l'énumération suivante des principaux Chapitres :

Mesures et unités — Calcul des probabilités — L'Energie — Théorie de la relativité — Le rayonnement électromagnétique — Les états de la matière, et les changements d'états des corps — La constitution des atomes — La radioactivité et l'isotopie — La constitution des noyaux, et leurs divers éléments constitutifs — L'émission thermoionique et les émissions secondaires — La photoélectricité — Les rayons cathodiques, et leur application à l'oscillographe — Les rayons X, etc ...

Pour nombreux qu'ils soient, ces domaines se relient d'une manière presque naturelle les uns aux autres, par la considération des éléments constitutifs de la matière.

L'ingénieur radioélectricien sera plus particulièrement intéressé par cet ouvrage, car, habitué aux principes et aux phénomènes électroniques, sur lesquels reposent les lampes à plusieurs électrodes, il constatera que ces mêmes notions de base trouvent, dans la physique en général, une foule d'autres applications qui lui deviendront ainsi familières.

Il y découvrira, d'ailleurs, la réponse à un grand nombre de questions qu'il peut être amené à se poser en étudiant les traités spécialisés, et il acquerra ainsi une excellente vue d'ensemble d'une série de phénomènes qu'aucun technicien ne peut aujourd'hui ignorer.

Par ailleurs, l'ouvrage est édité, illustré et relié avec le soin qui caractérise la série dans laquelle il paraît.

P. B.

T. 910. — Calcul graphique des Circuits série-parallèle.

par P. MOURMANT, préface de F. BEDEAU - 404 pages - 449 figures - Editions E. CHIRON.

Les Ingénieurs radioélectriciens qui se rendent à l'étranger admirent, en général, et envient souvent, les traités de radioélectricité figurant aux devantures des librairies techniques, et dont l'impression, sur très beau papier et la reliure solide et luxueuse, facilitent l'étude. Les Editions CHIRON ont pris l'initiative de faire paraître, en France, un certain nombre d'ouvrages de radiotechnique, édités suivant les mêmes méthodes, et qui ne le cèdent en rien aux traités étrangers auxquels il vient d'être fait allusion.

CONTRÔLEUR D'IMPULSION 0.215
A BALAYAGE ULTRA - RAPIDE DÉCLENCHÉ

NOTICE SUR DEMANDE

- DURÉE DU BALAYAGE variable de 4 à 300 microsecondes
- MARQUAGE tous les 1 et 10 microsecondes

pour RADAR et TÉLÉVISION

Cie Gle DE TÉLÉGRAPHIE SANS FIL
CENTRE DE RECHERCHES TECHNIQUES
23, RUE DU MAROC · PARIS 19e * BOTzaris 17-06, 66-50 à 51

PIONNIER DE LA
TÉLÉVISION
DEPUIS
1929

LA RADIO-INDUSTRIE
est toujours au premier rang
DE LA
TECHNIQUE INTERNATIONALE

25, R. du Dr FINLAY 55, R. des ORTEAUX
PARIS

PUBL. RAPY

RT

TUBES POUR APPLICATIONS SPÉCIALES

Ondes courtes - Amplificateurs de lignes
Préamplis - Mesures - Télécommande

S. A. LA RADIOTECHNIQUE
Fournisseur des Administrations et des Services Publics
LABORATOIRES ET USINES :
51, RUE CARNOT — SURESNES

DARIO

TOUS LES TUBES DE RÉCEPTION

9, AVENUE MATIGNON, PARIS-8e

Parmi ces ouvrages le « Calcul Graphique » de P. MOURMANT est une œuvre originale, pleine d'aperçus nouveaux, d'une lecture aisée, et qui met l'ingénieur radioélectricien à même de saisir le pourquoi d'un grand nombre de phénomènes dont le seul traitement mathématique reste évidemment assez abstrait.

Les bases de ce « calcul graphique » reposent sur la détermination des éléments équivalents d'un dipôle, soit que l'on considère ceux-ci comme formés d'une résistance et d'une réactance en série — pour lesquels on peut considérer la résistance et la réactance, ou bien les valeurs inverses, conductance et susceptance —, soit que l'on considère des éléments groupés en parallèle, en ayant encore les deux mêmes possibilités. On peut ainsi caractériser un dipôle de quatre manières différentes, liées naturellement entre elles, et le représenter par quatre points situés dans le plan complexe, des constructions géométriques permettant de trouver trois de ces points lorsqu'on connaît le quatrième.

L'auteur montre alors comment on peut, en partant de ces notions de base, déterminer graphiquement les impédances de circuits comprenant de nombreux éléments réactifs, montés en série ou en parallèle, et comment on peut également étendre ce calcul au cas de circuits à constantes réparties.

L'examen du problème des quadripôles, de la manière d'obtenir leur diagramme circulaire, des filtres et des adaptateurs d'antennes, clôt cette première partie de l'ouvrage, consacrée, en somme, principalement, à des évaluations d'impédances, évaluations qui sont difficiles et longues par les méthodes algébriques, et qui deviennent souvent rapides et suggestives par la géométrie.

Dans une autre partie, on montre comment les mêmes principes peuvent s'appliquer à l'estimation des rendements, des tensions, des intensités et des phases, et ce ne sont pas les chapitres les moins originaux de ce traité. Après un retour à la théorie des quadripôles et au problème de l'adaptation des circuits, considéré à un point de vue général, l'ouvrage se termine par l'extension de ces méthodes de calcul aux circuits qui n'ont pas les structures « série-parallèle », précédemment étudiées, et par l'examen rapide du problème, évidemment très complexe, des « multipôles », où il faut alors combiner le calcul graphique et l'algèbre.

On ajoutera que la rédaction très vivante (et non dépourvue d'humour, de temps en temps) facilite la lecture de ce traité, qui, d'autre, part, est abondamment illustré de schémas et de graphiques d'une clarté remarquable, ce qui était, d'ailleurs, nécessaire, étant donné le sujet développé.

P. B.

Inverseurs Bipolaires.

4 AMP. 250 volts.

Salomon & Rogero. Montauban (T.G.)

DEPOT : GEMA . Chatenay-Malabry. (Seine).

TEL ROBINSON 52.21.

GEMA

Condensateurs au Mica

SPÉCIALEMENT TRAITÉS POUR HF

Procédés « Micargent »

TYPES SPÉCIAUX SOUS STÉATITE

Emission-Réception pour petite puissance jusqu'à 20.000 volts

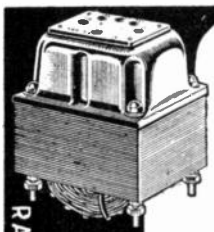
SSM RADIO

André SERF

127, Faubourg du Temple

PARIS (10e) *Nor 10-17*

PUBL RAPY



TRANSFOS D'ALIMENTATION

Entièrement conformes aux règles de l'U T E

SELFS INDUCTANCE

Modèles spéciaux tropicalisés

SURVOLTEURS - DÉVOLTEURS

— Branche Professionnelle . —

TOUS LES TRANSFOS, SELFS ET B.F

Pour : Émission, Réception, Télévision, Sonorisation

TRANSFOS HTE ET BSE TENSION

Toutes applications industrielles

LES PLUS HAUTES RÉFÉRENCES

TOUS LES TRANSFORMATEURS

RADIO ET INDUSTRIE

PUBL. RAPY

Ets VEDOVELLI, ROUSSEAU & Cie

5, Rue JEAN MACÉ - Suresnes (SEINE) Tél: LON 14-47, 48 & 50

MILLIVOLTMETRE
IMPÉDANCEMÈTRE
HYPSOWATTMÈTRE
FRÉQUENCEMÈTRE
PONTS
GÉNÉRATEURS
FILTRES
BOITES DE RÉSISTANCE
BOITE DE CAPACITES
SELFS D'AFFAIBLISSEMENT

LIE

MATÉRIEL DE QUALITÉ

LABORATOIRE INDUSTRIEL D'ELECTRICITÉ

41, RUE ÉMILE-ZOLA, 41 - MONTREUIL (SEINE) - TÉLÉPHONE : AVRON 39-20

EN TÊTE
DE LA
TECHNIQUE MODERNE

Les Etablissements DE PRESALÉ

présentent

UN OSCILLOGRAPHE

à Rayons Cathodiques

Type R. P. 20

Bande passante :

VINGT MÉGACYLES

Tube de 110 m/m

CARACTÉRISTIQUES :

AMPLI VERTICAL : linéaire ± 1 db de 5 cs à 20 Mcs.

AMPLI HORIZONTAL : identique

BASE DE TEMPS RELAXÉE : 5 cs à 1,2 Mcs.

BASE DE TEMPS DÉCLENCHÉE (durée d'aller du spot) :

4 µ sec à 1,1 µ sec

DISPOSITIF DE MESURE DE TEMPS.

ALIMENTATION : 110-220 V. 50 périodes.

HAUTEUR 1 m. 50., PROFONDEUR 0,640

LARGEUR 0,560., POIDS 100 Kgs.

Ets DE PRESALÉ

Maison fondée en 1910

104-106, Rue Oberkampf - Tél. OBE 51-16

luminosité suffisante, ce nombre ne doit pas être inférieur à 10. D'autre part, la longueur d'onde restant constante, il faut augmenter l'ouverture de l'aérien, mais en gardant toujours un affaiblissement des lobes secondaires supérieur à 25 db., car entre les puissances reçues en provenance de divers obstacles à la même distance, il y a une différence considérable : par exemple 40 db entre un bateau de pêche et un cargo de 5 000 tonnes. L'amplitude des lobes secondaires dépend de la loi d'illumination du réflecteur et de la précision de réalisation de celui-ci ; en augmentant les dimensions de l'aérien, les tolérances sont de plus en plus difficiles à observer, et la construction se complique, car les déformations sont de plus en plus à craindre, l'antenne devant résister à des vents pouvant atteindre 200 km/heure.

La question du diagramme vertical est encore plus délicate. D'un côté le faisceau doit être suffisamment large, d'abord pour que les petits bateaux et les bouées ne passent pas sous lui à distance rapprochée, et ensuite, pour que les obstacles restent détectables malgré le mouvement de roulis du navire (qui peut atteindre 20° pour les gros bâtiments et 30° pour les petits). Mais, de l'autre côté, en augmentant la largeur verticale, le gain diminue, les échos de la pluie et des nuages augmentent. La stabilisation de l'aérien a déjà été faite pour des radars de navires de guerre ; dans notre cas, elle entraînerait des complications excessives.

Une troisième caractéristique de l'aérien est sa vitesse de rotation. Comme la largeur de faisceau verticale n'atteint pas l'angle maximum de roulis, les obstacles ne sont détectés que pendant le moment où le faisceau les frappe. Si le nombre de passages est insuffisant, le navigateur, absorbé par la conduite du navire et ne prêtant pas une attention soutenue à l'image, confondra l'écho avec le bruit de fond. La période de roulis est de l'ordre de 15 secondes pour les gros bateaux, et de 5 à 9 secondes pour les petits. Considérons un navire roulant de $\pm$ 20° avec une période de 10 secondes ; avec une largeur verticale de faisceau de $\pm$ 7,5 degrés, le temps utile pendant une demi-période de roulis est de 1,25 sec., en supposant l'angle de roulis variant sinusoïdalement avec le temps. Il faut donc avoir 1 tour d'antenne en 1,25 sec., soit 48 t/min. pour être certain d'avoir un passage sur un obstacle par le travers. Le tangage étant beaucoup moins prononcé (quelques degrés), les obstacles en avant et en arrière du navire sont toujours détectés.

Les échos provenant des passages successifs sur un obstacle doivent se recouvrir pour diminuer la difficulté de détection parmi les parasites. Si la vitesse relative est de 30 nœuds (15 m/sec.) et la durée d'impulsion de 0,3 microseconde, ceci conduit à une vitesse de rotation de 20 t/min. minimum. Cette considération s'applique aux échelles courtes pour lesquelles la durée d'impulsion fixe la définition.

Enfin, beaucoup de bateaux ne sont pas munis de gyrocompas et il est impossible d'asservir l'indicateur. Pendant un mouvement tournant du navire, l'image devient floue si les échos correspondant aux passages successifs sont trop écartés angulairement.

Lorsqu'on augmente la vitesse de rotation de l'antenne, le nombre d'impulsions par faisceau diminue et le pouvoir de détection diminue d'abord légèrement, puis considérablement quand ce nombre devient inférieur à 10 : certains obstacles n'apparaissent plus à chaque passage.

Lors de l'installation de l'antenne à bord, il est important de choisir avec soin son emplacement et sa hauteur au-dessus de l'eau. Si l'on désire obtenir avec des bouées ou des petites barques une portée minimum de l'ordre de 50 mètres (la durée d'impulsion étant choisie en conséquence) la hauteur de l'antenne au-dessus de l'eau ne devra pas dépasser 10 mètres pour une largeur verticale de faisceau de 15° ; avec la même largeur verticale, cette hauteur ne devra pas dépasser 20 mètres pour que la portée minimum reste de 100 mètres. Les obstacles, qui se trouvent au-dessous du maximum du lobe inférieur dû aux interférences entre les rayons directs et les rayons réfléchis par la mer, donnent des échos dont la puissance varie à peu près comme la puissance huitième de l'inverse de la distance et sont par conséquent perdus très vite quand cette dernière croît : la portée augmente comme la racine carrée de la hauteur de l'aérien et, en passant de 10 à 20 mètres, on gagne donc 40 % environ sur la portée maximum si les pertes restent inchangées, c'est-à-dire si la longueur de guide reste constante. Certains constructeurs ont réalisé des appareils où l'ensemble émetteur-récepteur se trouve dans le piedestal d'antenne. Une étanchéité parfaite est alors nécessaire, mais elle est difficilement réalisable. L'expérience a montré qu'il était de beaucoup préférable de consentir une perte dans les guides et de placer les ensembles délicats dans des locaux bien abrités. Cette perte, de l'ordre de 0,2 db/m pour un seul trajet, peut être compensée en ce qui concerne la portée maximum, par une augmentation de puissance. Pour la portée minimum, elle ne peut être compensée que par une diminution du facteur de bruit du récepteur.

Les caractéristiques de l'aérien adoptées pour le prototype expérimental R. N. M. type I étaient les suivantes :

Largeur horizontale du faisceau : 1,5 degré

Largeur verticale du faisceau : 28 degrés.

Vitesse de rotation : variable entre 10 et 60 t/min.

Après les essais en mer, et en accord avec les utilisateurs, les caractéristiques de l'aérien du R. N. M. type II furent fixées aux valeurs suivantes :

Largeur horizontale du faisceau : 1,8 degré.

Largeur verticale du faisceau : 17 degrés.

Vitesse de rotation : 30 tours/min.

La hauteur de l'aérien au-dessus de l'eau devrait être entre 12 et 15 mètres pour donner un bon compromis entre la portée minimum et la portée maximum. Mais, en fait, cette hauteur dépend du type de navire, et, s'il est nécessaire que l'antenne soit dégagée complètement de toute obstruction sur 360°, cela conduit à la placer parfois à 30 mètres pour les navires de fort tonnage, la portée minimum devenant alors 150 mètres.

IV. — Problèmes particuliers.

Examinons maintenant quelques-uns des problèmes qui se posent quand on cherche à obtenir les performances exigées et voyons-en les conséquences sur la conception et la réalisation de l'appareil.

1° *Portée minimum.* Lorsqu'on regarde l'écran d'un indicateur panoramique en utilisant l'échelle la plus amplifiée (environ 2 km), on constate que le centre est environné par deux taches circulaires concentriques où les échos n'apparaissent jamais ; la tache centrale est lumineuse, l'autre est sombre Cette zone de paralysie est due au passage de l'émission, sous forme de vidéo-fréquence ou de haute-fréquence, dans les circuits de réception.

Comme l'antenne est unique pour l'émission et la réception, on utilise pour effectuer la commutation et protéger le cristal mélangeur, un tube à gaz dit TR ; ce tube laisse passer toutefois jusqu'au récepteur une puissance de fuite qui se présente sous la forme d'une pointe contenant une grande énergie (de l'ordre de 0,1 erg en 10^{-8} sec.) suivie d'un palier de quelques dizaines de milliwatts pendant l'impulsion d'émission. La pointe provoque une excitation par choc du circuit d'entrée ; les oscillations et le palier sont amplifiés, mais étant à un niveau de l'ordre de 100 db au-dessus du seuil de sensibilité, ils saturent rapidement le récepteur et provoquent du courant grille. Après détection et écrêtage, l'impulsion d'émission apparait considérablement allongée et donne sur l'indicateur la tache centrale lumineuse. Par suite du courant grille qui augmente la polarisation, l'amplification du récepteur tombe à une valeur très faible et ne redevient normale qu'au bout d'un temps qui dépend de la constitution des circuits de grille ; c'est ce qui provoque la zone sombre sur l'indicateur car le gain est insuffisant pour faire apparaître le bruit de fond. La durée d'impulsion fixe la limite inférieure qui ne peut être dépassée ; mais des précautions spéciales sont à prendre sans lesquelles la portée minimum sera de beaucoup supérieure à cette limite. Il est tout d'abord indispensable de réduire au maximum la constante de temps des circuits de grille, surtout dans les derniers étages ; ceci ne peut se faire qu'en moyenne fréquence et il reste obligatoirement des constantes de temps élevées dans les circuits à vidéo-fréquence. Une réduction satisfaisante de la zone « aveugle » ne peut être obtenue qu'en abaissant le gain du récepteur d'environ 100 db quelque temps avant l'émission et ne rendant la sensibilité normale qu'à la fin de celle-ci. Le signal de commande doit être appliqué judicieusement, sinon le remède risque d'être pire que le mal. Le modulateur, agissant soit par rayonnement direct, soit par les fils d'alimentation, provoque des troubles similaires. On élimine en partie ces interférences en blindant soigneusement les premiers étages MF, en plaçant des filtres efficaces dans les arrivées et en constituant de bonnes masses. Mais l'élimination complète n'est obtenue que par l'emploi de la méthode déjà citée.

La portée minimum, toujours supérieure au rayon de la zone de paralysie, dépend de la nature de l'obstacle. Nous avons déjà parlé de l'influence du diagramme vertical de rayonnement et de la hauteur de l'aérien au-dessus de l'eau, qui interviennent surtout pour les obstacles relativement bas. Nous dirons maintenant quelques mots sur la contribution du système de commutation émission-réception dont l'action se fait sentir notamment pour les obstacles de faible surface effective d'écho.

Pendant l'émission, le tube TR est ionisé et la puissance de fuite est constante, quelle que soit la puissance d'émission ; l'atténuation est alors de l'ordre de 60 db. Dès la fin de l'émission, la désionisation commence et l'atténuation diminue pour

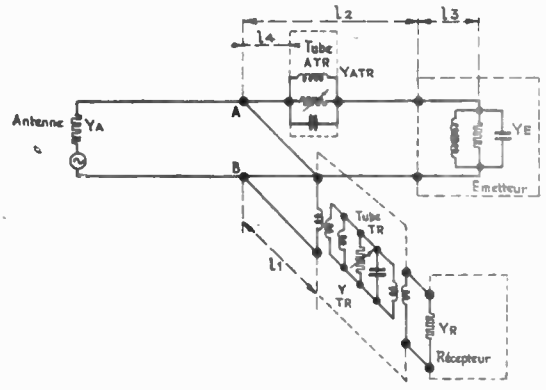


Fig. 1 — Représentation symbolique du système de commutation

atteindre une valeur limite d'environ 1 db. On appelle « temps de guérison » le temps nécessaire pour que l'atténuation tombe à une valeur donnée, par exemple 3 db. Le magnétron au repos (ou à froid) est équivalent à une admittance dont la partie imaginaire n'est pas nulle pour la fréquence d'émission. Pour diminuer les pertes de branchement, il est nécessaire de choisir avec soin la longueur de la ligne d'émission de façon à ramener une impédance aussi élevée que possible, en parallèle sur la jonction émission-réception-antenne. Toutefois, l'admittance à froid varie d'un magnétron à l'autre et, si l'on cherche à supprimer le réglage de longueur de la ligne émission, on est conduit à placer dans celle ci un autre tube à gaz, dit ATR sans lequel les pertes de branchement pourraient dépasser 20 db avec certains magnétrons.

La Fig. 1 donne une représentation symbolique d'un système de commutation dans lequel le tube TR est branché en shunt et le tube ATR en série.

Tous deux sont représentés comme des circuits-bouchons ayant une conductance non linéaire. Pendant l'émission, la conductance est très élevée ; après l'émission, la conductance diminue avec le temps suivant une loi qui dépend des caractéristiques physiques et chimiques des tubes à gaz, pour atteindre une valeur limite qui fixe les pertes à froid du système de commutation. Théoriquement, les longueurs L_1 et L_4 sont égales à un nombre entier de demi-ondes ; pour un radar où la portée maximum importe seule, on cherche à fixer la valeur de L_2 de façon que les pertes de branchement restent faibles lorsque L_3 et Y_e sont comprises entre certaines limites, Y_{ATR} ayant sa valeur à froid. Dans ces conditions, les pertes de branchement

pendant la désionisation deviennent excessives. Un compromis est à rechercher sur la valeur de L_e qui, tout en ne majorant que de quelques décibels les pertes à froid, n'augmente pas considérablement les pertes pendant la période de « guérison ».

La Fig. 2 donne l'allure de la variation en fonction de la distance de l'affaiblissement introduit par le système de commutation ; la durée d'impulsion est de 0,33 microseconde. La courbe en trait plein et la courbe en trait-tiret représentent respectivement l'affaiblissement au début et à la fin de l'impulsion de réception.

On a également représenté les variations de la puissance de l'écho pour différents obstacles. Ceux-ci sont supposés frappés par le maximum du lobe inférieur dû aux interférences, c'est-à-dire que la loi en puissance quatrième de l'inverse de la distance s'applique. Avec des échelles logarithmiques,

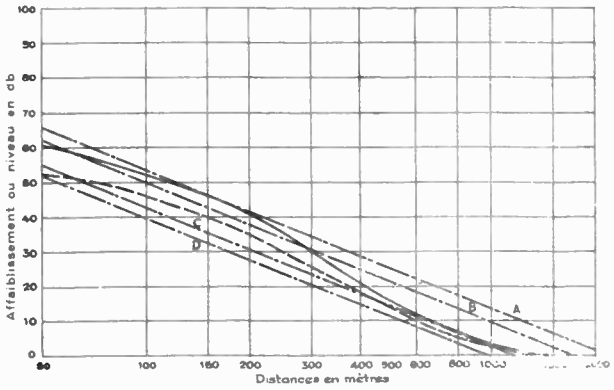


FIG. 2. — Atténuation due au système de commutation

ces fonctions se représentent par des droites inclinées de façon qu'une variation de 1 à 10 sur la distance entraîne une variation de niveau de 40 db. Le niveau zéro est celui du bruit de fond moyen. A la sortie du récepteur le niveau d'un signal au-dessus du bruit est donné par la différence entre les ordonnées de la droite qui le représente et celles des atténuations dues au système de commutation. On constate que la cible A donne un écho dont le début et la fin sont toujours détectables ; seule, la fin de l'écho B

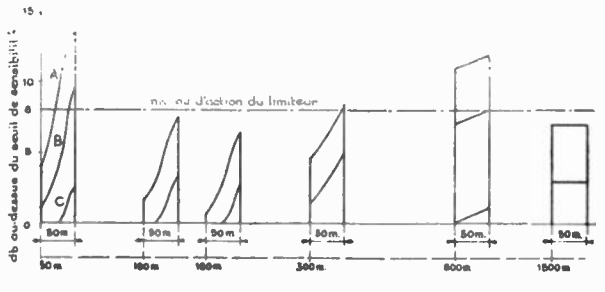


FIG. 3. — Déformations introduites par le système de commutation

est toujours détectable ; la cible C n'est pas toujours visible, tandis que D ne l'est jamais. La Fig. 3 donne une idée des déformations introduites par le système de commutation sur un écho parfaitement rectangulaire ; on a également indiqué le niveau d'action du limiteur à + 8 db.

Comme nous l'avons déjà dit, l'atténuation du tube TR augmente avec la puissance d'émission puisque la puissance de fuite reste constante ; cette augmentation se retrouve à peu près pendant tout le temps de la désionisation, c'est-à-dire que le « temps de guérison », augmente ; on constate alors qu'une élévation de puissance, bien qu'elle augmente la portée aux grandes distances, n'améliore pratiquement pas la portée minimum.

Il faut également noter que le tube TR, quoiqu'il continue à protéger efficacement le cristal mélangeur pendant près d'un millier d'heures, voit son temps de guérison augmenter considérablement au bout de 300 ou 400 heures. Si l'on désire conserver une bonne portée minimum, le tube TR devra donc être changé plus souvent.

2° *Les échos de vague.* — La détection des petites cibles, telles que les bouées, est fortement gênée par les échos en provenance de la mer. Ceux-ci apparaissent sur l'indicateur panoramique avec une texture semblable à celle du bruit de fond, mais dont l'amplitude décroît en fonction de la distance. Pour assurer une bonne détection des cibles dans le bruit de fond, on ajuste le gain MF de l'appareil, le niveau du limiteur et le gain vidéo de façon que le bruit de fond moyen constitue pour l'écran de l'indicateur un fond à peine visible. Il est désirable d'obtenir un effet identique pour les échos de vague ; mais cela nécessite de connaître la loi de variation des échos en fonction de la distance. Cette loi, une fois connue on donnera au gain la loi inverse, et l'amplification maximum ne sera appliquée qu'au moment où la puissance moyenne des échos de vague sera égale à la puissance moyenne du bruit, ce qui assurera un fond constant sur l'indicateur panoramique. Dans ces conditions, les échos de vague ne risqueront jamais de saturer le récepteur ce qui rendrait toute détection impossible, et, seuls, se détacheront nettement les obstacles qui sont à un niveau suffisant au-dessus d'eux.

Un mémoire de H. Davies et G. G. Macfarlane (5) fournit un compte-rendu des mesures quantitatives des échos de la mer. Ces auteurs montrent en particulier que la puissance des échos de vague varie comme la puissance quatrième de l'inverse de la distance, c'est-à-dire comme la puissance reçue d'un obstacle quand la propagation est libre. La loi que nous aurons à appliquer au gain sera donc en puissance quatrième de la distance. Le mémoire cité montre également que le rapport de la puissance des échos de vague à la puissance reçue d'un obstacle isolé est proportionnel à la largeur d'impulsion, à la hauteur de l'aérien au-dessus de l'eau et à la largeur horizontale du faisceau. Il augmente avec la hauteur des vagues jusqu'à une certaine limite et il est indépendant de l'angle entre le rayon incident et la surface de la mer, tant que cet angle reste relativement faible. Pour la longueur d'onde de 3 cm il y a une différence de 15 db entre le clapotis et des vagues de 0 m. 90 de haut ou au-dessus.

Pour déterminer la loi du gain nous avons également à tenir compte de l'action du système de commutation. Nous remarquerons en considérant la Fig. 2, que les deux courbes d'atténuation peuvent être assimilées à une droite parallèle à la droite A

et passant par 55 db à 50 m. Ceci revient à dire que l'atténuation du système de commutation est équivalente à un gain variant comme la puissance quatrième de la distance, et nous commencerons à faire agir la commande de gain au point où cesse l'action du système de commutation. La Fig. 1 donne les puissances des échos de vague en fonction de différents états de la mer et les lois de G à réaliser pour que ces échos apparaissent comme ayant une amplitude constante et se confondent avec le bruit de fond. La ligne brisée A représente la puissance reçue d'une petite cible qui reste dans la zone de la puissance quatrième jusqu'à 2 km, et on a supposé qu'elle passe directement dans la zone de la puissance huitième. On a également représenté au bas de la figure la variation du niveau d'écho de A pour deux valeurs différentes de G.

L'inconvénient de la méthode de commande de gain est qu'elle ne tient pas compte des variations de l'amplitude des échos de vague en fonction de l'azimut. Pratiquement, l'utilisateur est surtout intéressé par un secteur, en général vers l'avant du bateau, et c'est pour cette région qu'il devra régler ses commandes.

On améliore également la détection parmi les vagues en utilisant un circuit dit à constante de temps rapide (ou F. T. C. chez les Anglo-Saxons)

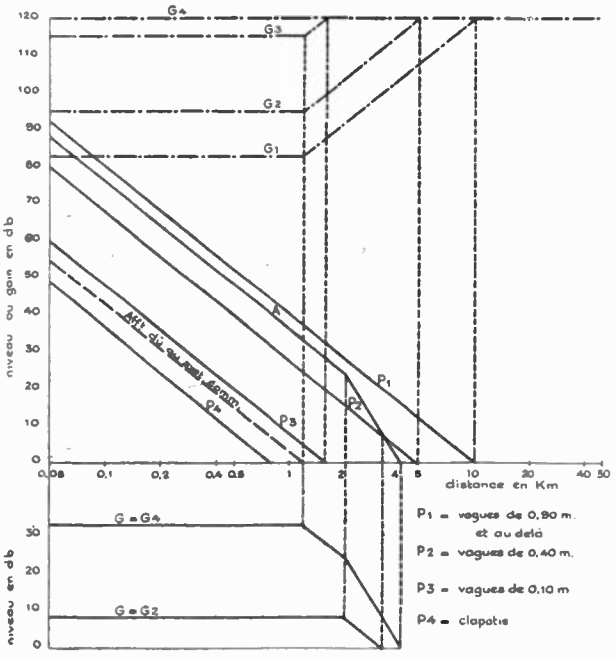


Fig. 4. — Echos de vague et loi du gain

qui est un filtre passe-haut agissant comme un différentiateur. Avec un tel circuit, seules les variations de puissance assez brèves sont transmises à l'amplificateur vidéo-fréquence.

V. — Description sommaire du prototype expérimental.

La constitution du prototype expérimental étant à peu près identique à celle du RNM type II, nous n'en donnerons qu'une description sommaire en insistant uniquement sur les points qui ont été profondément modifiés.

Le RNM type I se compose de quatre parties principales : l'aérien, le meuble émission-réception, l'indicateur panoramique et l'avertisseur. L'alimentation de l'ensemble se fait en alternatif 50 périodes ; pour permettre son utilisation sur des bateaux équipés uniquement en courant continu, on dispose également d'un groupe moteur-alternateur régulé.

1° *L'aérien.* — Lorsque le rapport largeur verticale du faisceau sur largeur horizontale du faisceau dépasse 10, il devient très difficile d'illuminer correctement un cylindre parabolique ouvert et on a intérêt à utiliser comme réflecteur un cylindre parabolique fermé, obtenant ce qu'on appelle le « fromage ». C'est ce type d'antenne qui a été adopté. La fig. 5 représente l'aérien tel qu'il était installé sur le torpilleur « Somali ». Le piédestal de l'aérien contient un moteur série qui assure la rotation de l'antenne, un « magslip » qui permet de transmettre

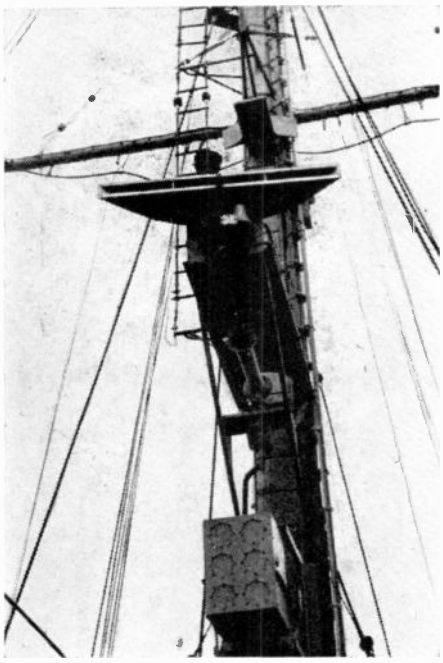


Fig. 5. — Aérien du R. N. M. I installé à bord du « SOMALI »

électroniquement ce mouvement jusqu'à l'indicateur, et un joint rotatif qui assure le passage de la puissance d'émission et de réception entre les guides fixes et le cornet d'excitation. Ce cornet, appelé par les Britanniques « hoghorn », combine les effets du cornet sectoral avec ceux d'un cylindre parabolique.

L'ensemble est parfaitement étanche et peut être monté sur un mât sans être protégé par un dôme en plexiglass.

L'inconvénient du « fromage » est qu'il forme une boîte où la neige et la poussière peuvent s'accumuler ; en outre, son diagramme vertical est très sensible à la fréquence.

2° *Meuble émission-réception.* — Ce meuble renferme trois tiroirs montés sur des glissières et pouvant basculer en fin de course, ce qui donne un

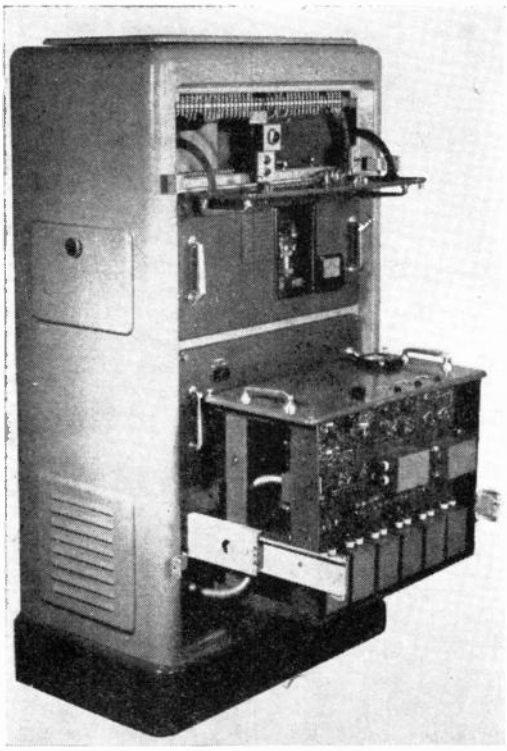


Fig. 6. — Meuble Emission-Réception du RNM I

accès facile à tous les organes. La fig. 6 représente le meuble avec le tiroir inférieur, contenant l'ali-

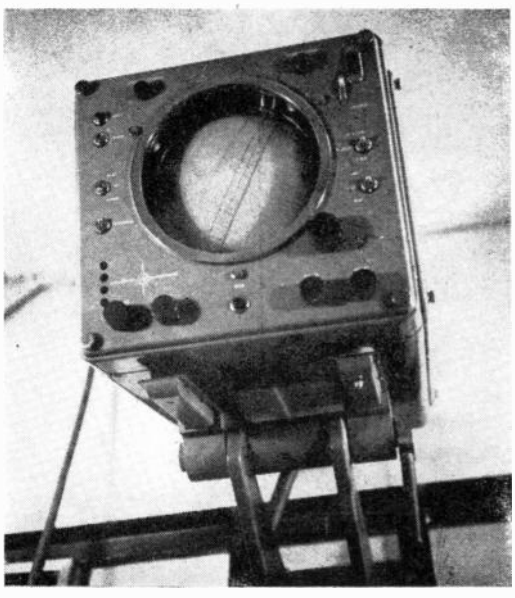


Fig. 7. — Indicateur panoramique du RNM I

mentation générale de l'ensemble, sorti et basculé : les portes sont enlevées.

Le tiroir intermédiaire contient la base de temps, le prémodulateur et le modulateur à ligne. Le tube modulateur utilisé est un triggatron qui nécessite plus de 8 kV de commande mais qui a une vie très longue.

Le tiroir supérieur renferme la partie émission-réception proprement dite ; on y trouve la partie guide de la tête haute-fréquence avec ses différents tubes : magnétron, klystron, cristaux, TR et ATR, ainsi que le châssis amplificateur moyenne-fréquence et le châssis de commande automatique de fréquence.

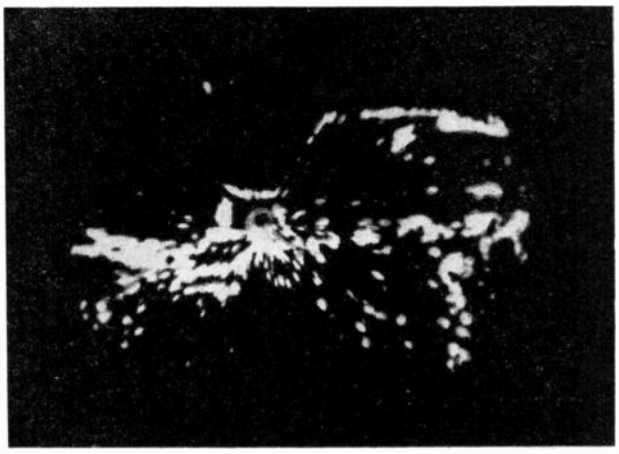


Fig. 8. — Rade de Brest — Echelle 1,5 mille

En haut du meuble un panneau basculant donne accès à des barrettes qui permettent de vérifier le bon fonctionnement de l'ensemble. La sortie d'un tiroir coupe les tensions dangereuses, mais l'appareil, peut être remis sous tension à l'aide d'un dis-

Fig. 9. — Rade de Brest — Echelle 3 milles

joncteur auxiliaire, ce qui est fort utile pour vérifier le fonctionnement particulier d'un tiroir ; un dispositif de sécurité met automatiquement hors service le disjoncteur auxiliaire dès qu'on rentre le tiroir.

3° *Indicateur panoramique.* — On a cherché à réaliser un coffret aussi petit que possible pour qu'il puisse être installé plus commodément. Les dimensions sont environ : 40 cm × 40 cm × 60 cm. L'appareil se monte à l'aide d'une suspension souple,

soit sur une console fixée à la cloison, soit sur un piédestal. Sa face avant porte les commandes principales nécessaires à son utilisation (voir fig. 7) ; les commandes secondaires sont placées sur le côté et cachées par un panneau.

L'indicateur renferme outre le tube cathodique, l'alimentation THT, le châssis de balayage et le châssis de mesure de distance. La transmission du mouvement de l'antenne se fait électroniquement, c'est-à-dire que le rotor de son magslip reçoit le courant de balayage en dents de scie et que son stator est connecté à un jeu de bobines triphasées qui sont autour du col du tube cathodique, ce qui crée un champ tournant de déflection. Il n'y a de ce fait aucune pièce en mouvement dans l'indicateur.

4° *Avertisseur.* — On avait adjoint au radar un dispositif qui donnait un signal sonore dès qu'un obstacle apparaissait à une portée fixée à l'avance. Cet appareil s'est révélé d'une utilité très secondaire, car les utilisateurs préfèrent effectuer la veille avec l'indicateur.

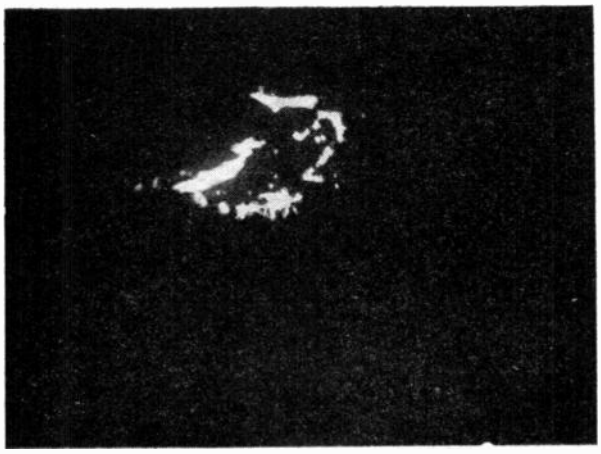


Fig. 10. — Rade de Brest — Echelle 15 milles

Les figures 8, 9 et 10 sont des photographies de l'écran de l'indicateur panoramique prises en rade de Brest, à bord du « Georges-de-Joly », accosté au port marchand.

Les caractéristiques principales du RNM type I sont les suivantes :

Longueur d'onde	:	3,2 cm
Puissance de crête	:	30 kW
Durée d'impulsion	:	0,5 microseconde
Fréquence de répétition	:	1 000 imp/s.
Moyenne fréquence	:	45 Mc/s.
Bande passante MF	:	4 Mc/s.
Largeur horizontale du faisceau	:	1,5 degré
Largeur verticale de faisceau	:	28 degrés

Vitesse de rotation actuellement fixée à 40 t/min.

Une boîte d'échos excitée par le rayonnement de l'antenne permet de contrôler le bon fonctionnement de l'ensemble.

VI. — Conception générale du RNM Type II.

Le prototype expérimental avait été réalisé principalement dans le but de faire des essais aussitôt que possible et d'en déduire les caractéristiques à donner aux appareils de série ; celles-ci dépendaient de la réponse que donneraient les résultats des essais aux deux questions suivantes : Est-ce que les caractéristiques techniques spécifiées permettent de réaliser les performances exigées ? Est-ce que ces performances sont suffisantes pour les utilisateurs ?

A la première question les résultats permettaient de répondre par l'affirmative, à quelques légères restrictions près. La réponse à la seconde question était plus délicate. En fait, depuis que les premières spécifications avaient été énoncées, l'état d'esprit des utilisateurs avait évolué. Apprenant à mieux connaître le radar, ils lui demandaient tout naturellement davantage : comme il était à prévoir, l'art de la navigation maritime évoluait en fonction de la détection électromagnétique, et, réciproquement réagissait sur elle. Les améliorations désirées étaient: amélioration du pouvoir de résolution en distance : 50 mètres ; amélioration de la portée maximum : côtes suffisamment hautes visibles à 25 milles au moins ; réception des balises, raymarks, etc...

Pour porter la résolution en distance et la distance minimum à 50 mètres, il fallait réduire la durée d'impulsion à 0,3 microseconde et élargir en conséquence la largeur de bande MF. Ceci impliquait une perte de sensibilité et il devenait difficile d'augmenter encore la portée maximum. Une solution évidente était de fonctionner avec deux durées d'impulsion (et deux fréquences de répétition, si l'on voulait garder le cycle de travail constant) combinées ou non avec une bande passante MF variable : mais on se condamnait ainsi à ne pas pouvoir utiliser deux indicateurs ayant des commandes indépendantes, tout au moins en ce qui concerne les échelles de balayage. Une augmentation de puissance était indésirable : 30 kW représentaient déjà une limite pratique à ne pas dépasser pour les radars marins, sous peine de complication excessive d'isolement, d'étanchéité, etc... La solution ne pouvait donc être que dans une amélioration notable du facteur de bruit effectif. D'autre part, la question des balises prenait de plus en plus d'importance et, bien que leurs caractéristiques ne fussent pas encore définitivement établies, on savait qu'elles nécessiteraient de recevoir sur des fréquences parfois très éloignées de la fréquence propre du radar. En outre, on pensait que l'augmentation du nombre d'utilisateurs obligerait fatalement, pour éviter les brouillages, d'imposer une distribution mieux répartie en densité dans la bande allouée (9 320 à 9 500 Mc/s.) au lieu des concentrations actuelles autour de 9 375 et 9 475 Mc/s. Cet ensemble de considérations conduisait à réviser entièrement les circuits en hyperfréquence et l'antenne dans le but

de permettre un fonctionnement satisfaisant entre 9 250 et 9 550 Mc/s., et un facteur de bruit effectif inférieur à 12 db dans toute cette gamme, avec une bande passante MF de 6 Mc/s, considérée comme optimum pour la durée d'impulsion choisie : 0,3 microseconde. Ayant également constaté que l'on pouvait diminuer la largeur verticale du faisceau d'antenne tout en remplissant les conditions imposées par le roulis, celle-ci fut fixée à 17° ; ceci, combiné avec une légère augmentation de la largeur horizontale du faisceau, permettait d'abandonner l'antenne en « fromage », beaucoup trop sensible à la fréquence, et de passer au cylindre parabolique ouvert.

Les essais ont mis également en lumière l'importance de certains côtés de la conception qui avaient été sous-estimés tout d'abord. On peut dire que, d'une façon générale, la simplicité et la constance des circuits, et la qualité des pièces détachées, doivent primer toute disposition qui permettrait une diminution du nombre des éléments ou une réduction du prix de revient ; l'entretien et le dépannage doivent se limiter à des changements de pièces (celles-ci remplissant des conditions de tolérances aussi larges que possibles) sans qu'aucun préréglage, sinon élémentaire, soit nécessaire. Les circuits à réglage critique ont été systématiquement éliminés du RNM type II, en particulier dans les bases de temps et dans la commande automatique de la fréquence. Le fonctionnement de cette dernière n'avait pas toujours été satisfaisant lors des essais du prototype expérimental. Le principe et la réalisation en étaient classiques, et il souffrait des défauts que l'on retrouve sur beaucoup de radars : puissance d'émission prélevée incorrecte en quantité et en qualité, multivibrateurs avec tubes à gaz critiques au réglage et dont les caractéristiques se modifient avec le temps. Ayant considéré qu'un bon fonctionnement de la commande automatique de fréquence était primordiale (la commande manuelle de la fréquence a été prévue pour rechercher des émissions sur une fréquence différente de celle du radar), nous avons complètement modifié la conception, tant au point de vue hyperfréquence qu'au point de vue multivibrateurs où les tubes à gaz ont été remplacés par des tubes à vide.

Autre point important : les variations de tension du secteur des bâteaux dépassent largement les $\pm$ 10 % prévus dans les spécifications. Le seul moyen pratique est de toujours utiliser un groupe moteur-alternateur à grosse inertie pour intégrer les variations rapides, et possédant une plage de régulation de $\pm$ 30 %.

La répartition de l'ensemble en aérien, meuble émission-réception et indicateur panoramique, ayant montré une grande souplesse d'utilisation, a été maintenue. Toutefois, compte tenu de l'adjonction possible d'un second indicateur, l'alimentation générale a été scindée de façon que chaque ensemble partiel ait son alimentation propre.

En ce qui concerne la réalisation mécanique, on peut dire que, d'une façon générale, la robustesse et la facilité d'accès à tous les éléments, en vue de l'entretien ou du dépannage, priment absolument les questions de poids et d'encombrement. L'indicateur panoramique, par exemple, doit non seulement servir de support aux éléments électriques, mais encore permettre à l'utilisateur de prendre appui sur lui pendant un roulis très dur. Cela conduit tout naturellement à une réalisation « monolithique ». D'autre part, la place étant généralement très limitée dans les abris de navigation, le pupitre sera placé contre une cloison, entre d'autres appareils ou des tables, et par conséquent tout démontage devra obligatoirement se faire par l'avant qui reste seul accessible. Ces considérations nous ont constamment guidés dans la conception du RNM type II. En outre, chaque sous-ensemble a été fractionné en plusieurs châssis facilement démontables et interchangeables.

VII. — Description du RNM type II.

La fig. 11 est une vue de l'aérien avec le capot avant du bloc-moteur ouvert. L'antenne se compose d'un réflecteur de 1 m, 20 de large sur 0 m, 45 de haut, formé de lames dont le contour intérieur reproduit un cylindre parabolique ayant ses génératrices inclinées à 15° par rapport à la verticale,

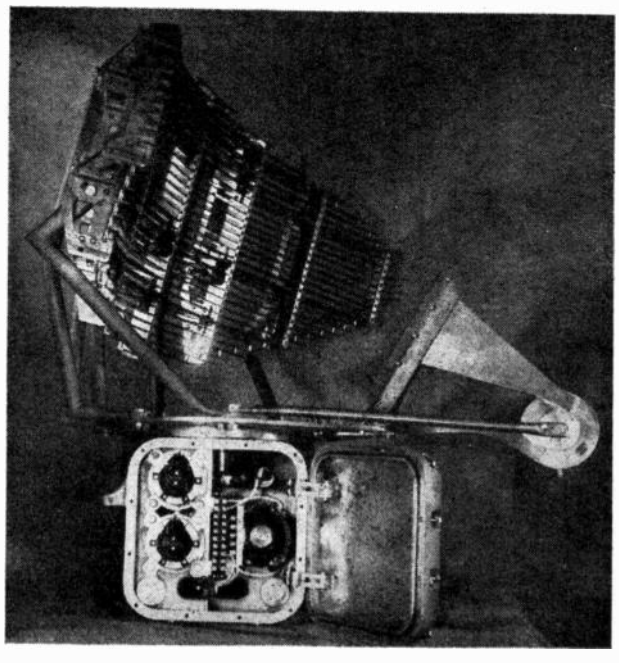


FIG. 11. — Aérien du R. N. M. II Capot avant ouvert

et d'un cornet d'excitation incliné à 30°. La construction de l'ensemble est particulièrement robuste ; le réflecteur est entièrement en acier inoxydable, métal résistant sans protection à la corrosion par l'air salin.

Le bloc-moteur, prévu pour être boulonné sur un berceau ou une console, est en alliage d'aluminium fondu, spécialement traité afin de le protéger.

Il renferme un moteur triphasé et un réducteur de vitesse baignant dans l'huile, qui permettent la rotation de l'antenne à environ 30 t/min. L'ouverture du capot avant met en évidence les transmetteurs d'angle et le réglage du signal de cap ; on aperçoit également sur la fig. 11 les deux extrémités du ré-

chauffeur d'huile pour l'hiver. En ôtant le capot arrière, on peut dégager le moteur d'entraînement. Au-dessous de ce capot se trouvent des presse-étoupes pour les différents câbles ainsi qu'un commutateur permettant d'arrêter la rotation de l'antenne. Au centre du bloc est disposé le joint rotatif ; sa protection contre les fuites d'huile a été tout particulièrement étudiée. Tous les éléments amovibles sont retenus par des charnières ou des chaînes, de façon à éviter les chutes.

La fig. 12 représente le meuble émission-réception la porte enlevée. L'armoire et les tiroirs sont en acier traité et peint. La construction aérée et le système de basculement des tiroirs permettent un accès facile partout. Le tiroir inférieur contient l'alimentation générale en avant et les contacteurs à l'arrière. Un petit panneau basculant porte les fusibles (avec avertisseur de court-circuit par lampe néon), et un voltmètre à commutation pour vérifier les différentes tensions.

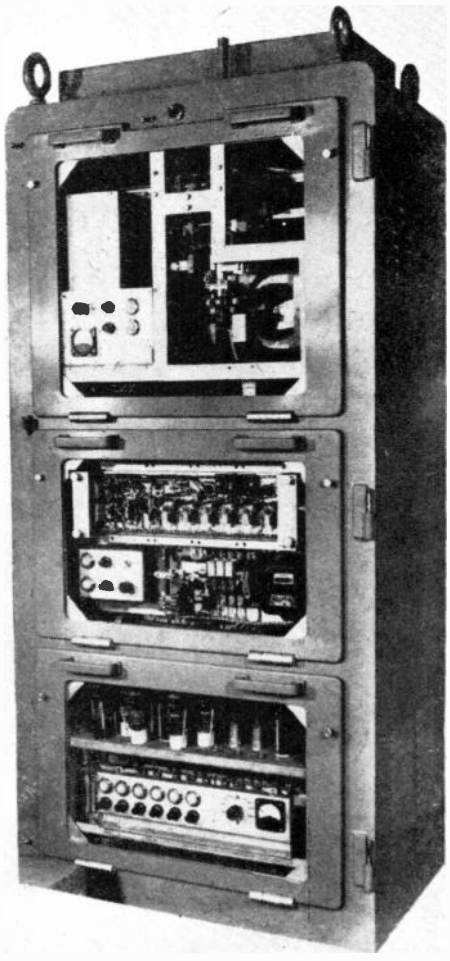


Fig. 12. — Meuble Emission-Réception du RNM II. Porte enlevée.

Le tiroir intermédiaire supporte l'amplificateur MF, placé de façon à présenter normalement son câblage, un compteur pour enregistrer les heures de fonctionnement, et le dispositif de sécurité et de retard du modulateur. Après basculement, on a accès à l'alimentation très haute-tension de ce dernier.

Le tiroir supérieur contient, outre la partie hyperfréquence, le préamplificateur MF, le châssis de commande automatique de la fréquence, tous accessibles normalement, le prémodulateur et le modulateur accessibles après basculement. Celui-ci est rendu possible par l'emploi d'une bride de guide spéciale qu'on aperçoit sur la fig. 13. On voit également sur celle-ci : au centre la ligne à retard et le thyratron à hydrogène ; sur le côté à droite, le transformateur d'impulsion.

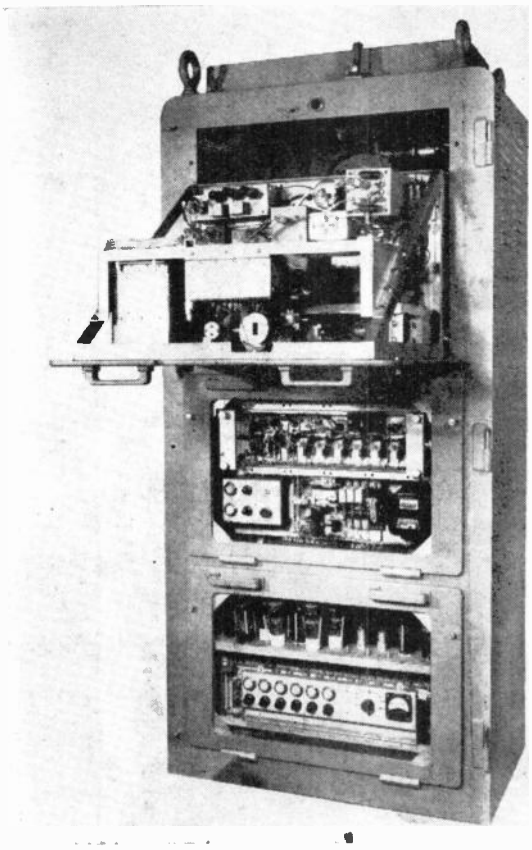


Fig. 13. — Meuble Emission-Réception du RNM II. Tiroir H. F. basculé

L'indicateur se présente sous la forme d'un pupitre en alliage d'aluminium fondu. Comme déjà signalé, tout son démontage doit se faire de l'avant seul côté accessible. Pour réaliser cela, l'alimentation générale et l'alimentation très haute-tension du tube cathodique sont montées dans le tiroir inférieur qui peut coulisser sur des glissières : de plus, un panneau permet l'accès direct aux fusibles et au voltmètre de contrôle portés par un petit panneau qui, après basculement, met en évidence le câblage. Le tube cathodique, ses mécanismes annexes, le châssis de base de temps, l'indicateur de distance et l'amplificateur vidéo-fréquence sont montés sur une partie basculante tandis qu'un panneau amovible permet l'accès au câblage (fig. 14).

Le dessus du pupitre porte les différentes commandes de l'appareil qui ont été divisées en deux parties : les commandes principales réparties autour du tube cathodique, et les commandes secondaires groupées dans le haut et qui sont normalement cachées par un couvercle (fig. 15).

Le compteur de distance est actionné par une manivelle placée sur la face avant du pupitre. Pour enlever le tube cathodique, il suffit de faire basculer le panneau supérieur.

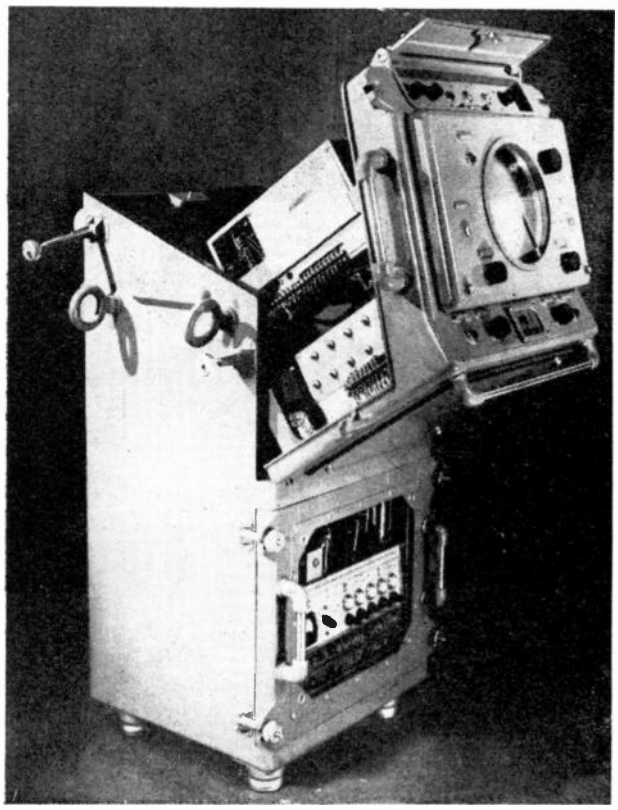


FIG. 14. — Indicateur panoramique du RNM II. Partie basculante dans sa position basse — Panneau inférieur enlevé.

Outre les trois parties principales, l'ensemble comprend un moteur-alternateur régulé de 1,5 KVA et une boîte de commande pour celui-ci.

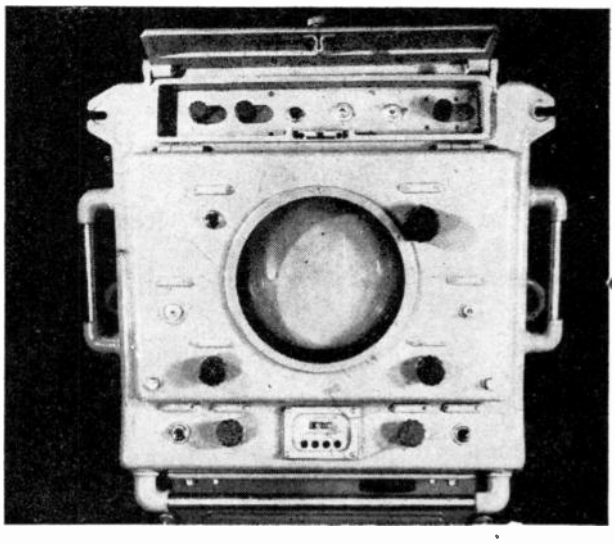


FIG. 15. — Indicateur panoramique du RNM II. Commandes

Les pièces détachées entrant dans la composition de l'appareil ont été soigneusement sélectionnées et sont tropicalisées. Les transformateurs, selfs de filtrage et condensateurs de filtrage sont en boîtiers étanches avec bornes en stéatite. D'une façon générale l'appareil peut fonctionner entre — 20 et + 55° dans une atmosphère saline.

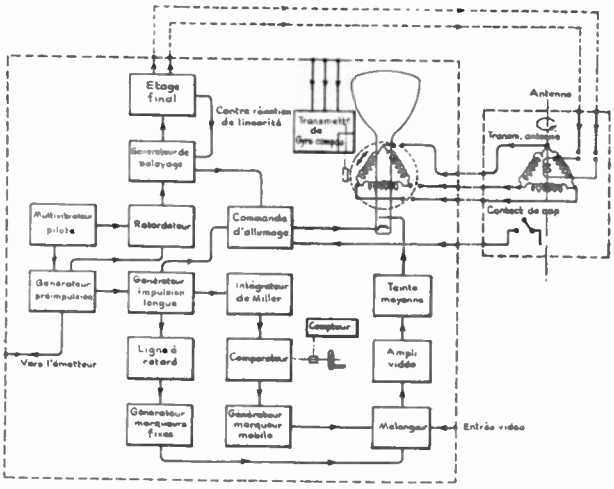


FIG. 16. — Diagramme de fonctionnement de l'indicateur.

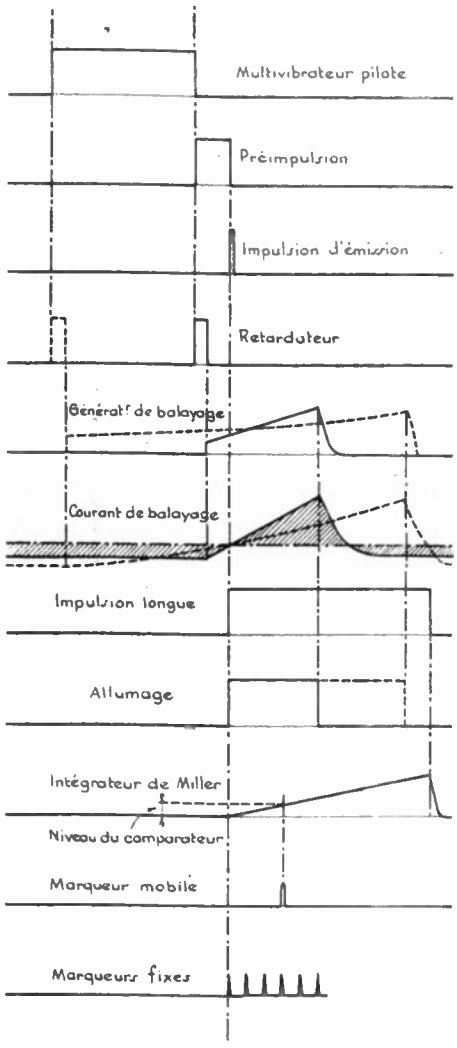


FIG. 17. — Principaux signaux de l'indicateur

Le tableau ci-dessous donne les caractéristiques principales du RNM type II :

Indicateur.

Tube cathodique à écran fluoride de 22,5 cm de diamètre.

Echelles : 1, 3, 9, 27 milles marins avec chacune 5 cercles de marquage respectivement tous les 0,2, 0,5, 2, 5 milles marins.

Mesure de distance : précision ± 2 % ou 50 mètres.

Asservissement possible à un gyrocompas.

Aérien.

Largeur verticale de faisceau : 17°
Largeur horizontale de faisceau : 1,8°
Vitesse de rotation : 30 t/min. environ.

Haute-Fréquence

Fonctionnement possible entre 9 000 et 9 550 Mc/s.

Emission

Puissance émission : 30 kW
Durée d'impulsion : 0,3 microseconde :
Fréquence de répétition : 1 000 imp/s.

Réception

Facteur de bruit effectif : 12 db.
Moyenne fréquence : 30 Mc/s.
Largeur de bande : 6 Mc/s.
Dispositifs de C. S. T. et de C. T. R.

vement de l'antenne. La vitesse de rotation de l'antenne étant relativement élevée et le moteur de commande suffisamment puissant pour maintenir cette vitesse constante malgré des vents violents,

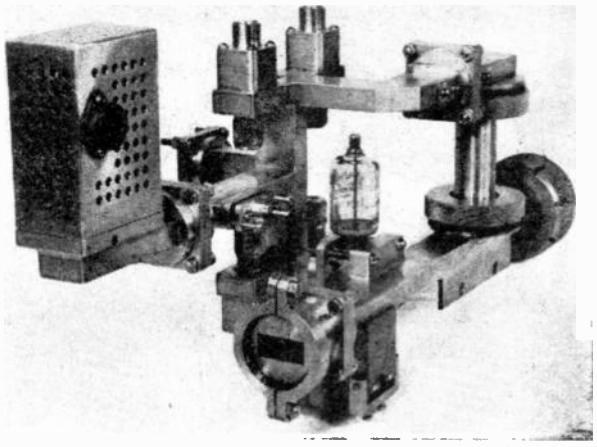


FIG. 19. — Tête HF du RNM II

l'accélération au démarrage est brutale. Un transmetteur d'angle simple risque de « décrocher » souvent. Il faut adopter, ou bien un servomécanisme, ou bien la transmission électronique. C'est cette dernière solution qui a été choisie pour le prototype

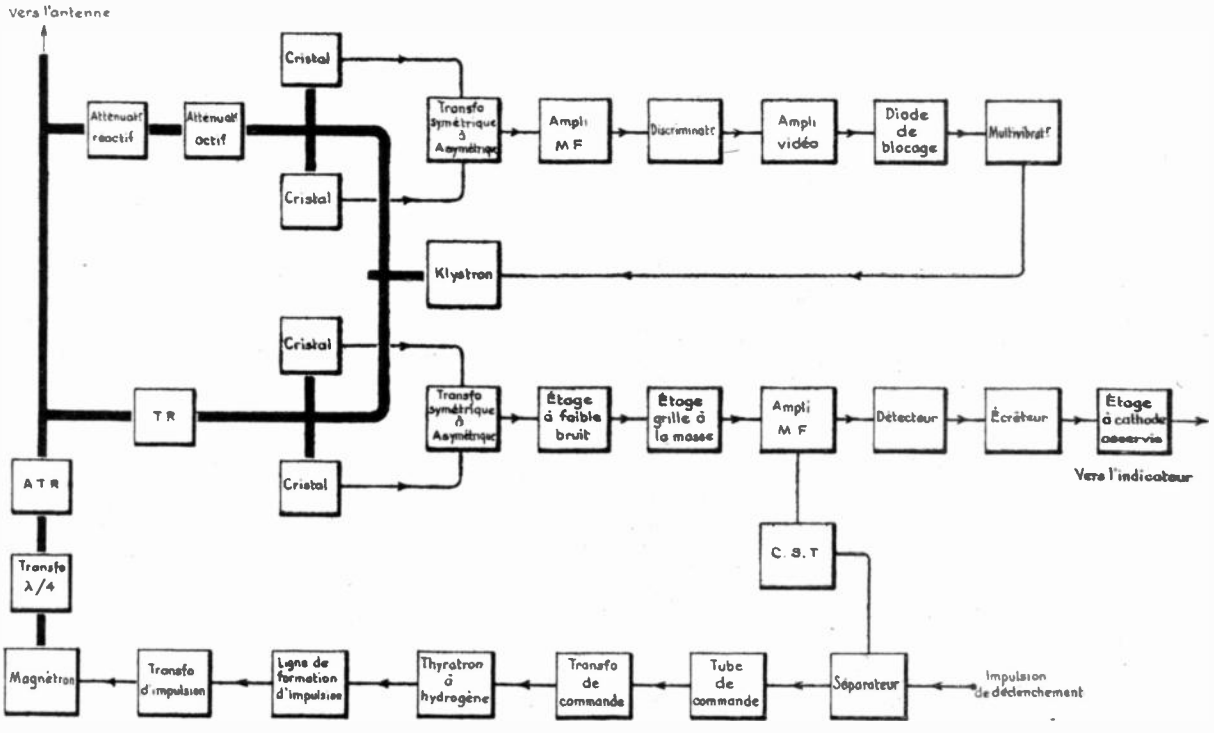


FIG. 18. — Diagramme de fonctionnement de l'Emetteur-Récepteur

VIII. — Description des circuits principaux.

Le principe de fonctionnement des circuits de base de temps, commande d'émission et de balayage découle du choix du mode de transmission du mon-

expérimental et ayant donné toute satisfaction, elle fut maintenue dans le RNM type II.

Un générateur de courant en dents de scie commande le rotor du transmetteur d'antenne ; dans les enroulements triphasés de celui-ci on obtient

des courants déphasés entre eux d'un tiers de période et modulés à la vitesse de rotation de l'antenne. En se recombinant dans un jeu de bobines triphasées, placées autour du col du tube cathodique, ces courants créent un champ tournant de déflection. Pour pouvoir asservir l'indicateur au gyrocompas, les bobines sont mobiles autour du col du tube et commandées par le transmetteur du gyrocompas. Le mécanisme est très simple car la rotation est extrêmement lente. Lorsque le bateau n'est pas muni de gyrocompas, l'asservissement peut se faire manuellement.

La composante continue du courant de balayage n'étant pas transmise, il est nécessaire de déclancher l'émission lorsque les courants sont nuls dans les bobines. Le temps qui sépare le début du balayage de celui de l'émission dépend de la fréquence de répétition et de la durée du balayage, donc de l'échelle. Un avantage du système est que le début du balayage, en général très peu linéaire, n'est pas utilisé ; une difficulté est de réaliser une échelle aussi longue que 27 milles avec une fréquence de répétition aussi élevée que 1 000 p/s.

La fig. 16 donne le diagramme de fonctionnement de l'indicateur panoramique. En se reportant à la fig. 17 on peut suivre le rôle de chacun des éléments. Les traits pleins et pointillés représentent respectivement l'allure des tensions et du courant de balayage pour une échelle courte et pour l'échelle 27 milles.

L'émission étant commandée par les bases de temps de l'indicateur, le prémodulateur a uniquement pour rôle de former l'impulsion de commande du thyratron à hydrogène. Pour réduire les flottements au minimum, celle-ci doit avoir une forme bien déterminée, laquelle est donnée par le transformateur d'impulsion de commande (voir fig. 18) La ligne de formation d'impulsion comprend 6 cellules en π, avec induction mutuelle.

La réalisation d'une tête haute-fréquence spéciale répond à un triple but : amélioration de la sensibilité, fonctionnement dans une large bande de fréquence, obtention d'un très bon fonctionnement de commande automatique de fréquence. Les mélangeurs Signal et CAF sont formés chacun par deux cristaux montés dans les bras collinéaires d'un T magique, l'injection de l'oscillateur local se fait par le bras série, tandis que les signaux de réception ou la puissance d'émission prélevée arrivent par le bras shunt. Un transformateur MF combine les deux sorties de façon que la moyenne fréquence due à deux signaux provenant d'un même bras soit fortement atténuée. Grâce à l'adjonction d'un troisième T magique, l'atténuation entre le mélangeur signal et le mélangeur CAF est d'au moins 60 db, ce qui annule l'action de la puissance de fuite du TR. Le gain sur le facteur de bruit est dû à l'élimination de la contribution au bruit de l'oscillateur local et des pertes des signaux de réception dans les circuits de celui-ci. Cette disposition est la seule qui permette un fonctionnement satisfaisant avec un TR à large bande ; ce dernier peut être utilisé à la place du TR à bande étroite montré par la photographie fig. 19 ; sur celle-ci on aperçoit également le transformateur quart-d'onde qui permet le passage sans réflections entre le guide standard utilisé dans la tête HF et le guide spécial du magnétron.

Le passage des signaux MF vers les amplificateurs se fait à l'aide d'un transformateur symétrique-asymétrique. Le premier tube MF du récepteur est une triode à faible souffle qui attaque la cathode d'une seconde triode dont la grille est à la masse ; ce montage permet d'obtenir un facteur de bruit effectif très faible pour l'amplificateur MF, malgré la large bande passante. Pour permettre un réglage facile et rendre les circuits peu sensibles vis-à-vis des changements de lampes, l'amplificateur MF est réalisé avec des circuits-bouchons, l'élargissement de la bande passante étant obtenu par contre-réaction.

Enfin, le dispositif de commande automatique de fréquence, dont le multivibrateur est formé par une pentode montée en « transitron », est d'un fonctionnement très sûr et très peu critique.

IX. — Conclusion.

Le premier exemplaire de la série des RNM II a été installé au début de décembre 1948 sur le navire de ligne « Jean-Bart ». Les essais ont été très satisfaisants, tant au point de vue performances qu'au point de vue endurance. Les côtes de Bretagne étaient visibles bien au-dessus du bruit de fond à 27 milles ; des cargos ont été détectés à plus de 15 milles. La discrimination en distance est de l'ordre de 50 mètres, la portée minimum suffisante pour voir l'étrave du navire. Pendant les mouvements tournants on aperçoit très bien le sillage.

Avant de terminer, qu'il nous soit permis de remercier tous ceux qui ont contribué, directement ou indirectement, à la réalisation de ces radars qui, nous l'espérons, équiperont bientôt de nombreux bateaux et contribueront à augmenter la sécurité de la navigation maritime.

BIBLIOGRAPHIE

1. — Spécifications minimum conseillées pour les radars de navigation. — U. S. Coast Guard. — Office of Engineering Electronics Division. — Washington D. C.

2. — Marine Radar : Performance Standards-London : His Majesty's Stationery Office.

3. — Spécifications des Radars pour la Marine Marchande. *Onde électrique*. — Décembre 1946, n° 237-481.

4. — Perspectives nouvelles en matière d'aides à la navigation maritime. Pierre BESSON, *Extraits du Bulletin du Bureau Véritas*.

5. — Echos obtenus de la surface de la mer avec des radars opérant à des longueurs d'onde centimétriques. H. DAVIES et O. O. MAC FARLANE. *The Proceedings of the Physical Society*, 1-11-1947 (717 à 729).

L'ABSORPTION IONOSPHÉRIQUE ET LE CALCUL DES CHAMPS A DISTANCE *(suite et fin)* (1)

PAR

A. HAUBERT

2° Absorption sélective.

Voici la méthode de calcul suivie par Appleton [13]. En éliminant $\frac{1}{X^2+Y^2}$ des deux équations (58) et (59) on obtient :

$$2\,pq = \frac{Y}{X}(p^2 - 1 - q^2) \quad (81)$$

Puisqu'on se trouve dans une zone de réflexion où $p \neq 1$ et puisque l'absorption observée y est faible, on peut négliger q^2 devant $|p^2 - 1|$. Il reste

$$2\,pq = \frac{Y}{X}(p^2 - 1) \quad (82)$$

ou

$$q = -\frac{Y}{2X}\left(\frac{1}{p} - p\right). \quad (83)$$

Appleton considérant le cas d'un sondage ionosphérique à fréquence fixe suppose de plus que dans la région intéressée ν varie peu avec l'altitude, et il en fait une constante. Cela lui permet de calculer l'absorption subie par l'onde depuis son entrée dans la région ionisée où $p = 1$ jusqu'au point de réflexion où $p =$ zéro, en écrivant (d'après 53 et 83) : (84)

$$2\int_{p=1}^{p=0} \alpha dh = 2\int_{p=1}^{p=0} \frac{\omega}{c} q dh = -\frac{\omega}{c}\frac{Y}{X}\left[\int_{p=1}^{p=0}\frac{dh}{p} - \int_{p=1}^{p=0} p dh\right]$$

Le coefficient « deux » est motivé par la double traversée, ascendante et descendante. La première intégrale représente le trajet de groupe de l'onde et la seconde, le trajet de phase. En appelant P′ et P respectivement, ces deux trajets, à savoir :

$$P' = 2\int_{p=1}^{p=0}\frac{dh}{p} \quad (85), \qquad P = 2\int_{p=1}^{p=0} p dh \quad (86)$$

on obtient finalement :

$$2\int_{p=1}^{p=0} \alpha dh = \frac{\nu}{2c}(P' - P). \quad (87)$$

Cette relation est extrêmement importante : elle a permis à Ratcliffe et à ses collaborateurs [14, 15] de déterminer les valeurs de ν dans les régions réfléchissantes, par la mesure simultanée de la variation relative de l'absorption et de $P' - P$.

3° Coefficient de réflexion :

Il est assez souvent parlé de coefficient de réflexion de l'ionosphère, mais une certaine confusion règne autour de ce terme. On appelle en effet à tort, coefficient de réflexion, le rapport entre le champ rayonné au zénith par un émetteur de sondage et le champ reçu par réflexion sur l'ionosphère ; il y a là une erreur à redresser. Nous rappelons en effet que ce rapport est composé de plusi urs termes, à savoir :

a) Le décrément de distance, dû au chemin parcouru par l'onde et égal à deux fois la hauteur de réflexion ;

b) Le décrément d'absorption, lui-même composé d'absorption non sélective et d'absorption séleotive ;

c) Le décrément de réflexion proprement dit qui est le logarithme de la racine carrée du rapport de l'énergie réfléchie à l'énergie incidente au point de réflexion.

Ce dernier décrément est souvent perdu de vue parce qu'on le considère comme inclus dans le terme d'absorption sélective.

Or il y a lieu logiquement de la distinguer. Pour le mettre en relief, nous allons examiner le cas limite où la transition entre l'air non ionisé et l'air ionisé est brutale.

Pour une onde électromagnétique transversale plane, se propageant normalement au plan de discontinuité, le coefficient de réflexion est donné par la relation.

(1) Voir l'O. E. d'Avril, N° 265.

$$(88) \qquad R = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{1 - \dfrac{Z_2}{Z_1}}{1 + \dfrac{Z_2}{Z_1}}$$

où Z_1 et Z_2 sont respectivement les impédances caractéristiques de l'air non ionisé et de l'air ionisé

Or

$$Z_1 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}}, \quad Z_2 = \sqrt{\frac{j\omega\mu_0}{j\omega\varepsilon_0\left(1 - \dfrac{\omega_0^2}{\omega^2+\nu^2}\right) + \varepsilon_0\nu\dfrac{\omega_0^2}{\omega^2+\nu^2}}}$$

et

$$(89) \qquad \frac{Z_1}{Z_2} = \sqrt{1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2+\nu^2} - j\frac{\nu}{\omega}\frac{\omega_0^2}{\omega^2+\nu^2}}$$

En utilisant les paramètres

$$x = \frac{\omega}{\omega_0}, \quad a = \frac{\nu}{\omega_0}, \quad y = \frac{1}{x^2+a^2}, \quad \operatorname{tg}\varphi = \frac{ay}{x(y-1)}$$

$$\Lambda = \left| \sqrt{(1-y)^2 + \frac{a^2y^2}{x^2}} \right| = \left| \frac{y-1}{\cos\varphi} \right|$$

et en écrivant R sous la forme

$$R = X e^{j\theta}$$

on obtient

$$(90) \qquad X = \sqrt{\frac{1 - 2\sqrt{\Lambda}\sin\varphi/2 + \Lambda}{1 + 2\sqrt{\Lambda}\sin\varphi/2 + \Lambda}}$$

qui est la valeur absolue du coefficient de réflexion.

Nous n'aurons d'ailleurs pas, dans ce qui suit, à faire état de cet aspect particulier du coefficient de réflexion. Aussi, après avoir seulement signalé ce point dont le développement sort du cadre de cette étude, nous allons aborder maintenant le problème de l'action du champ magnétique terrestre sur la propagation ionosphérique.

PROPAGATION DANS UN GAZ IONISÉ EN PRÉSENCE D'UN CHAMP MAGNÉTIQUE CONSTANT

Etablissement des formules générales.

On trouve dès 1909 dans la « Théorie des Electrons » de Lorentz [4], le calcul de la propagation d'ondes électromagnétiques dans un milieu ionisé en présence d'un champ magnétique extérieur constant. Lorentz montre que le champ magnétique a pour effet de rendre le milieu ionisé biréfringent. Pour éluder certaines difficultés de calcul, il distingue la propagation parallèle au champ magnétique de la propagation perpendiculaire à ce champ. La théorie le conduit à conclure que, dans le premier cas, l'onde incidente, supposée polarisée linéairement à l'origine, se divise en deux composantes de vitesses de phase différentes et de polarisations circulaires inverses ; dans le second cas, l'onde incidente se divise également en deux composantes de vitesses de phase différentes mais l'une, dont le vecteur électrique est constitué par la projection du vecteur électrique de l'onde incidente sur une parallèle au champ extérieur, se propage comme si ce champ n'existait pas, tandis que l'autre, dont la composante transversale électrique est constituée par la projection du vecteur électrique de l'onde incidente sur une perpendiculaire au champ, acquiert une composante électrique longitudinale supplémentaire.

Les calculs de Lorentz sont repris par la suite par plusieurs auteurs tels que Nichols et Shelleng [16], Hulbert [17], Lassen [18], Appleton [19-20].

Appleton en particulier développe la théorie qui s'appellera désormais théorie magnétoionique, en vue d'interpréter le rôle du champ magnétique terrestre dans les phénomènes observés expérimentalement au cours des sondages ionosphériques [21].

La théorie magnétoionique s'étend maintenant à de nombreux domaines de la physique et nous ne pouvons citer tous les travaux qui s'y rapportent.

Parmi ceux qui ont directement trait à l'ionosphère terrestre, nous citerons particulièrement deux études récentes importantes ; l'une de B. K. Banerjea [22] et l'autre de K. A. Norton [23]. Tous deux, faisant appel aux ressources du calcul tensoriel, ont obtenu une expression tout à fait générale de l'indice de réfraction complexe. Ce résultat non seulement confirme ceux qui avaient été obtenus auparavant dans l'étude séparée des cas particuliers, mais encore étend les possibilités d'interprétation théorique des phénomènes.

Leurs méthodes respectives de calcul sont assez semblables pour qu'on puisse les fondre en une seule, en adoptant autant que possible les notations que nous avons utilisées jusqu'ici.

Nous croyons nécessaire de faire cet exposé au complet, car les conclusions des auteurs sont suffisamment importantes pour qu'on s'y arrête ; nous en profiterons d'ailleurs pour placer quelques commentaires personnels.

Faisons intervenir cette fois, dans le calcul du mouvement d'un électron, l'effet des chocs et celui du champ magnétique extérieur.

Nous avons vu d'après (5) que le courant de conduction en l'absence de chocs est :

$$\vec{J_2} = (-Ne)\vec{v}$$

v étant d'après (4) la vitesse acquise par l'électron sous l'influence du champ.

$$\vec{v} = -\frac{e}{m}\frac{\vec{E}}{j\omega}$$

Si l'on fait intervenir les chocs, le courant de conduction devient d'après (31)

$$(91) \qquad \vec{J_2} = \frac{Ne^2}{m}\frac{\vec{E}}{j\omega+\nu} = (-Ne)\left(-\frac{e}{m}\frac{\vec{E}}{j\omega+\nu}\right)$$

Ce qui revient à attribuer à l'électron une vitesse acquise :

$$(92) \qquad \vec{v} = -\frac{e}{m}\frac{\vec{E}}{\nu+j\omega}$$

L'équation des forces devient :

$$(93) \qquad m(\nu + j\omega)\vec{v} = -e\vec{E}$$

Faisons intervenir maintenant la force de Laplace due au champ magnétique extérieur $\mathcal{H}$ et l'équation générale prend la forme :

$$(94) \qquad m(\nu + j\omega)\vec{v} - e\vec{v} \wedge \mu\vec{\mathcal{H}} = -e\vec{E}$$

Sous l'influence de ces forces, les électrons sont animés de mouvements circulaires ou, plus généralement, elliptiques. Dans les calculs qui suivent, on néglige les moments magnétiques qui en résultent, et on considère comme inchangée la perméabilité μ du milieu.

posons $u = 1 - j\frac{\nu}{\omega}$ et écrivons :

$$(95) \qquad j\frac{\omega m}{e}\left(u\vec{v} + \frac{j\mu e}{\omega m}\vec{v} \wedge \vec{\mathcal{H}}\right) = -\vec{E}$$

Nous pouvons exprimer le produit vectoriel $\vec{v} \wedge \vec{\mathcal{H}}$ par le produit scalaire de la matrice

$$[\bar{1} \wedge \vec{H}]\mathcal{H} = \begin{Vmatrix} o & -\mathcal{H}_z & \mathcal{H}_y \\ \mathcal{H}_z & o & -\mathcal{H}_x \\ \mathcal{H}_y & \mathcal{H}_x & o \end{Vmatrix} \quad \text{par } \vec{v}$$

et écrire

$$(96) \qquad j\frac{\omega m}{e}\left(u\bar{1} \times \frac{j\mu e}{\omega m}\left[\bar{1} \wedge \vec{\mathcal{H}}\right]\right).\vec{v} = -\vec{E}.$$

En appelant Φ la matrice dont l'inverse est

$$(97) \qquad \Phi^{-1} = u\bar{1} + \frac{j\mu e}{\omega m}[\bar{1} \wedge \vec{\mathcal{H}}]$$

on peut écrire

$$(98) \qquad \vec{v} = -\frac{1}{j\omega}\frac{e}{m}\bar{\Phi}.\vec{E}$$

La densité de courant de conduction devient :

$$(99) \qquad \vec{J}_2 = (-Ne)\left(-\frac{1}{j\omega}\frac{e}{m}\bar{\Phi}.\vec{E}\right) = \frac{Ne^2}{m}\frac{1}{j\omega}\bar{\Phi}.\vec{E}$$

et la densité de courant totale :

$$(100) \qquad \vec{J} = \vec{J}_1 + \vec{J}_2 = j\omega\varepsilon\vec{E} + \frac{Ne^2}{m}\frac{1}{j\omega}\bar{\Phi}.\vec{E}$$

ou

$$(101) \qquad \vec{J} = j\omega\varepsilon_0\left[1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2}\bar{\Phi}\right]\vec{E} = j\omega\varepsilon_0\,\bar{\Psi}.\vec{E}$$

Le pouvoir inducteur spécifique apparent est donc, en quantité complexe :

$$(102) \qquad \bar{\varepsilon} = \varepsilon_0\,\bar{\Psi}$$

Pour expliciter $\bar{\Phi}$ et $\bar{\Psi}$, il est nécessaire de faire choix d'un système d'axes de coordonnées. Ce choix varie suivant les auteurs, d'où la diversité apparente des formules.

Appleton (1932) utilise les axes X' Y' Z (fig. 10). tels que

OZ = direction de propagation.

$\mathcal{H}_{x'} = \mathcal{H}_T$ composante transversale du champ magnétique.

$\mathcal{H}_{y'} = 0$

$\mathcal{H}_z = \mathcal{H}_L$ composante longitudinale du champ magnétique.

Hartrée (1932) et Saha, Rai et Mathur (1937) utilisent les axes XYZ, tels que :

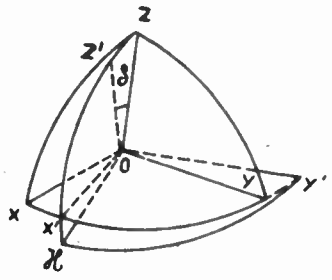


Fig. 10

OZ direction verticale.

$O\mathcal{H}$ = direction du champ magnétique.

$ZX'O\mathcal{H}$ = plan méridien magnétique.

OX' = projection horizontale du champ magnétique.

OY' = perpendiculaire au plan méridien magnétique.

Saha et Banerjea (1945) utilisent le système $\mathcal{H}Y'Z'$ dans lequel

$\mathcal{H}_x = \mathcal{H}$, $\mathcal{H}_{y'} = \mathcal{H}_{z'} = o$, $ZOZ' = \delta$ (inclinaison)

Ce dernier système de coordonnées permet d'écrire la constante diélectrique complexe apparente sous la forme d'une matrice assez simple

$$(103) \qquad \varepsilon = \varepsilon_0 \begin{Vmatrix} 1 - \frac{x^2}{u} & o & o \\ o & 1 - x^2\frac{u}{u^2 - y^2} & jx^2\frac{y}{u^2 - y^2} \\ o & -jx^2\frac{y}{u^2 - y^2} & 1 - x^2\frac{u}{u^2 - y^2} \end{Vmatrix}$$

où

$$x = \frac{\omega_0}{\omega}, \quad \frac{\mu\mathcal{H}e}{m} = \omega_x \quad y = \frac{\omega_x}{\omega}$$

Si on s'intéresse particulièrement à une propagation suivant OZ, on obtient une solution qui, développée, s'écrit : (104)

$$\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = n^2 = 1 - \frac{2x^2}{2u + \frac{y^2\cos^2\delta}{x^2 - u^2} \pm \sqrt{\frac{y^4\cos^4\delta}{(u^2 - x^2)^2} + 4y^2\sin^2\delta}}$$

où δ est l'inclinaison magnétique.

Cette formule est identique à celle obtenue par Appleton dans le calcul direct de ce cas particulier. $y\cos\delta$ est en effet proportionnel à la composante transversale du champ terrestre et $y\sin\delta$, à la composante longitudinale. Si on développe le déterminant de la matrice (103), on obtient une

expression qu'il est facile de mettre sous la forme d'un triple produit : (105)

$$\varepsilon = \varepsilon_0\left[1-\frac{1}{u}\left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)^2\right]\left[1-\left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)^2\frac{1}{u+y}\right]\left[1-\left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)^2\frac{1}{u-y}\right]$$

Si ν est négligeable, ε est nul pour trois valeurs de ω

1° $\omega = \omega_0$

2° $\omega = \sqrt{\omega_0^2 + \left(\frac{\omega_H}{2}\right)^2} + \frac{\omega_H}{2}$

3° $\omega = \sqrt{\omega_0^2 + \left(\frac{\omega_H}{2}\right)^2} - \frac{\omega_H}{2}$

En considérant la nullité de ε comme le critérium du phénomène de réflexion, nous voyons qu'il peut y avoir trois fréquences critiques pour la même densité d'ionisation : nous verrons plus loin que ce cas correspond à une propagation suivant OZ′.

Revenons au cas général et écrivons les équations de Maxwell :

(106) $$\nabla \Lambda E = -\mu \frac{\partial H}{\partial t}$$

(107) $$\nabla \Lambda H = \varepsilon \frac{\partial E}{\partial t}$$

On sait qu'on obtient une solution d'onde plane en considérant E et H comme proportionnels à la fonction :

(108) $$\exp\left[j\left(K n \vec{i}\,.\,\vec{r} + \omega t\right)\right]$$

où :

n est l'indice de réfraction, généralement complexe.

$\vec{i}$ le vecteur unité normal au front de l'onde

$\vec{r}$ la distance de l'origine

K le facteur ω/c

D'après (106), (107) et (108) on a :

(109) $$\vec{i} \Lambda \vec{E} = \frac{\mu}{K n} \vec{H}$$

(110) $$\vec{i} \Lambda \vec{H} = -\frac{\varepsilon}{K n} \vec{E}$$

Dans un gaz ionisé, ces deux dernières équations s'écrivent, d'après les résultats précédents :

(111) $$\vec{i} \Lambda \vec{E} = \frac{\mu_0}{K n} \vec{H}$$

(112) $$\vec{i} \Lambda \vec{H} = -\frac{\varepsilon_0}{K n} \bar{\Psi}\,.\,\vec{E}\,.$$

Multiplions scalairement l'une et l'autre par $\vec{i}$ on obtient :

(113) $$\vec{i}\,.\,\vec{H} = 0$$

(114) $$\vec{i}\,.\,[\bar{\Psi}\,.\,\vec{E}] = 0$$

On en conclut que l'onde est transversale magnétique, mais non transversale électrique, puisque ce n'est pas le vecteur $\vec{E}$ qui est normal à la direction de propagation, mais le vecteur $\bar{\Psi}\,.\,\vec{E}$.

Le vecteur de Poynting défini par

(115) $$\vec{P} = \vec{E} \Lambda \vec{H}$$

est perpendiculaire au plan défini par $\vec{E}$ et $\vec{H}$, il fait donc avec la normale au plan d'onde le même angle que $\vec{E}$ avec $\bar{\Psi}\,.\,\vec{E}$ (fig. 11).

L'expression obtenue pour φ par Banerjea montre que prendre $\varphi = \frac{\pi}{2}$ comme critérium du phénomène de réflexion est, en fait, la même chose que de prendre $n = 0$.

Norton de son côté considérant que, dans les applications, un rayon est toujours courbé ou brisé par réfraction ou réflexion sur l'ionosphère, prend le plan d'incidence comme un des plans de références.

Les axes de coordonnées choisis par lui sont alors :

a) la normale au plan d'onde (ou direction de propagation),

b) la normale au plan d'incidence,

c) la normale à ces deux axes (parallèle au plan d'incidence) ; les vecteurs unités sont respectivement $\vec{i}$, $\vec{j}$, $\vec{\kappa}$.

Il écrit les équations de Maxwell :

(116) $$\vec{\nabla} \Lambda \vec{H} = j\omega\varepsilon\vec{E}$$

(117) $$\vec{\nabla} \Lambda \vec{E} = -j\omega\mu\vec{H}$$

d'où l'on tire :

(118) $$\vec{\nabla} \Lambda \vec{\nabla} \Lambda \vec{E} - \omega^2 \varepsilon \mu \vec{E} = 0$$

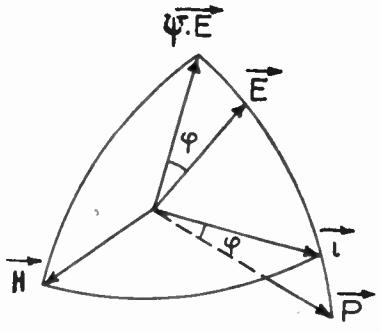


Fig. 11

Cette équation a pour solution

(119) $$E = E_0 \exp\left[j\omega\left(t - \frac{r}{v}\right)\right]$$

où

(120) $$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}}$$

Si on pose

$$(121) \qquad K = \frac{\omega}{c} \quad , \quad n = \frac{c}{v}$$

en introduisant le vecteur unité, normal au plan de l'onde, $\vec{i}$, l'expression de E peut se mettre sous la forme :

$$(122) \qquad E = E_0 \exp\left[j\,(\omega t - Kn\,\vec{i}\,.\,\vec{r}) \right]$$

Par suite

$$(123) \qquad \vec{\nabla} \wedge \vec{E} = -j\,Kn\,[\vec{i} \wedge \vec{E}]$$

$$(124) \qquad \vec{\nabla} \wedge \vec{\nabla} \wedge \vec{E} = K^2 n^2 [i^2 . \bar{1} - \vec{i}\,.\,\vec{i}]\,\vec{E}$$

En comparant avec (118) et en remplaçant ε par $\varepsilon.\bar{\Psi}$ et $\varepsilon_0 \mu_0$ par $\frac{1}{c^2}$, on obtient, après division par K^2 :

$$(125) \qquad [n^2 [\bar{1} - \vec{i}\,.\,\vec{i}] - \bar{\Psi}]\,\vec{E} = 0$$

Cette équation permet de déterminer les grandeurs relatives de E_n normal au plan d'onde ou composante longitudinale, E_u parallèle au plan d'incidence et $E_\perp$ normal au plan d'incidence.

On a

$$(126) \qquad \vec{E} = E_n \vec{i} + E_\perp \vec{j} + E_u \vec{K}$$

$$(127) \qquad \vec{y} = y_n \vec{i} + y_\perp \vec{j} + y_u \vec{K}$$

En substituant dans (125) on obtient trois équations qui résolues simultanément fournissent n^2, E_n/E_u, $E_\perp/E_u$ sous les formes suivantes :

(128)

$$n^2 = 1 - x^2\,\frac{u(u-x^2) - \frac{1}{2}(y_u^2 + y_\perp^2) + \frac{1}{2}\sqrt{(y_u^2+y_\perp^2)^2 + 4y_n^2(u-x^2)^2}}{u(u^2-y^2) - x^2(u^2-y_n^2)}$$

$$(129) \qquad \frac{E_\perp}{E_u} = \frac{y_\perp^2 - y_u^2 \pm \sqrt{(y_u^2+y_\perp^2)^2 + 4\,y_n^2(u-x^2)^2}}{2[\,y_\perp y_u - j y_n (u-x^2)\,]}$$

$$(130) \qquad \frac{E_n}{E_u} = x^2\,\frac{(y_n y_\perp - j u y_u)\,\frac{E_\perp}{E_u} + (j u y_\perp - y_n y_u)}{u(u^2-y^2) - x^2(u^2-y_n^2)}$$

Norton pose :

$$(131) \qquad y_u y_\perp - j y_u (u - x^2) = \Lambda e^{-jB}$$

ce qui lui permet d'écrire : (132)

$$\frac{E_\perp}{E_u} = \left[\frac{y_\perp^2 - y_u^2}{2\Lambda} \pm \sqrt{\frac{y_\perp^2 - y_u^2}{2\Lambda} + 1} \right] e^{jB}$$

Le double signe montre qu'il y a propagation possible pour deux valeurs du rapport $E_\perp/E_u$. En appelant R la quantité entre crochets avec le signe « plus » et en remarquant qu'avec le signe « moins » elle est égale à $-1/R$, on peut écrire :
(133) $(E_\perp/E_u)_1 = R\,e^{jB}, (E_\perp/E_u)_2 = -(1/R)\,e^{jB}$

Il est intéressant de voir quels sont dans certains cas particuliers les types d'ondes dont la propagation est possible.

Cas particuliers.

1° En négligeant les chocs

a) *Propagation longitudinale.*

On appelle ainsi le cas où la direction de propagation est parallèle au champ magnétique. Les composantes y_u et $y_\perp$ sont alors nulles. On obtient

$$(134) \qquad \frac{E_\perp}{E_u} = \frac{\pm 2\,y\,(1-x^2)}{-2\,jy\,(1-x^2)} = \pm j$$

$$(135) \qquad \frac{E_n}{E_u} = 0$$

$$(136) \qquad n^2 = 1 - \frac{x^2}{1 \pm y}$$

Le signe inférieur correspond à une onde polarisée circulairement à gauche ou négative polaire et le signe supérieur à une onde polarisée circulairement à droite, ou positive polaire. On constate que dans ce cas :

a) il n'y a pas de composante longitudinale,

b) il a possibilité de propagation pour les ondes de polarisation circulaire droite ou gauche à condition que les indices correspondants soient réels. Pour le rayon dont le vecteur électrique tourne dans le sens négatif polaire (Ox vers Oy), on doit avoir :

$$1 - \frac{\left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)^2}{1 - \frac{\omega_L}{\omega}} > 0$$

ou

$$(137) \qquad \frac{\omega^2 - \omega\,\omega_L - \omega_0^2}{\omega\,(\omega - \omega_L)} > 0$$

si $\omega > \omega_L$, il faut de plus que :

$$\omega > \sqrt{\omega_0^2 + \left(\frac{\omega_L}{2}\right)^2} + \frac{\omega_L}{2}$$

si $\omega < \omega_L$, il faut que :

$$\omega < \sqrt{\omega_0^2 + \left(\frac{\omega_L}{2}\right)^2} + \frac{\omega_L}{2}$$

condition qui est automatiquement remplie. Il n'y a donc réflexion que pour :

$$\omega_L < \omega < \sqrt{\omega_0^2 + \left(\frac{\omega_L}{2}\right)^2} + \frac{\omega_L}{2}$$

la pulsation critique est

$$(138) \qquad \omega_1 = \sqrt{\omega_0^2 + \left(\frac{\omega_L}{2}\right)^2} + \frac{\omega_L}{2}$$

Pour le rayon dont le vecteur électrique tourne dans le sens positif il y a propagation possible pour

$$(139) \qquad \frac{\omega^2 + \omega\,\omega_L - \omega_0^2}{\omega\,(\omega + \omega_L)} > 0$$

soit pour

$$\omega > \sqrt{\omega^2 + \left(\frac{\omega_L}{2}\right)^2} - \frac{\omega_L}{2}$$

et par conséquent réflexion pour

$$\omega < \sqrt{\omega^2 + \left(\frac{\omega_L}{2}\right)^2} - \frac{\omega_L}{2}$$

La pulsation critique est :

(140) $$\omega_2 = \sqrt{\omega^2 + \left(\frac{\omega_L}{2}\right)^2} - \frac{\omega_L}{2}$$

b) *Propagation transversale*

La composante y_n est seule nulle. On obtient d'après 129

(141) $$\frac{E_\perp}{E_u} = \sqrt{\frac{y_\perp}{y_u}}$$

(142) $$\sqrt{-\frac{y_u}{y_\perp}}$$

Il y a possibilité de propagation pour deux ondes (une dont le vecteur électrique est parallèle au champ magnétique, l'autre dont le vecteur électrique lui est perpendiculaire.

Pour la première

$$\frac{E_n}{E_u} = 0$$

$$n^2 = 1 - x^2$$

C'est une onde de polarisation rectiligne électromagnétique transversale dont la vitesse de phase ignore la présence du champ magnétique. La pulsation critique est par conséquent, comme nous l'avons déjà vu :

$$\omega = \omega_0$$

Pour la seconde

(143) $$\frac{E_n}{E_u} = j\,\frac{2\,x^2\,y^2}{y_\perp\,(1 - y^2 - x^2)}$$

(144) $$n^2 = 1 - \frac{x^2\,(1 - x^2)}{1 - y^2 - x^2}$$

L'onde est une onde transversale magnétique dont la composante électrique est polarisée elliptiquement dans le plan perpendiculaire au champ magnétique extérieur.

Il est curieux de constater que les valeurs de ω qui annulent n^2 sont ici les mêmes que dans le cas de la propagation longitudinale, à condition que ω_L ait dans le dernier cas, la même valeur que $\omega_\perp$ dans le premier. Mais l'évolution de l'indice de réfraction en fonction de la fréquence n'est pas la même.

Reprenons la formule (136) dans le cas de la propagation longitudinale, nous voyons que l'onde de polarisation circulaire négative, se comporte comme si sa fréquence était $\omega' = \sqrt{\omega\,(\omega - \omega_L)}$ et que l'onde de polarisation circulaire positive comme si sa fréquence était $\omega'' = \sqrt{\omega\,(\omega + \omega_L)}$ en effet on a :

(145) $$n'^2 = 1 - \frac{\omega_0^2}{\omega'^2}$$

(146) $$n''^2 = 1 - \frac{\omega_0^2}{\omega''^2}$$

Comme toute onde de polarisation rectiligne peut être considérée comme composée de deux ondes polarisées circulairement en sens inverse, on voit que toute onde incidente polarisée rectilignement va se trouver dédoublée en entrant dans l'ionosphère.

Pour interpréter un sondage ionosphérique, il faut observer, que, pour une fréquence donnée de l'onde incidente, l'impulsion pénètre progressivement dans l'ionosphère où elle rencontre une ionisation N croissante et par conséquent un ω_0 croissant en fonction de l'altitude, de zéro à une valeur maximum.

La composante circulaire négative s'élèvera jusqu'à ce qu'elle rencontre une densité telle que :

(147) $$\omega'^2_0 = \omega\,(\omega - \omega_L)$$

La composante circulaire positive s'élèvera jusqu'à ce qu'elle rencontre une densité telle que :

(148) $$\omega''^2 = \omega\,(\omega + \omega_L)$$

Il est évident que $\omega_0'' > \omega_0'$, la composante circulaire positive s'élèvera donc plus haut que la négative.

Il convient de remarquer que la réflexion produit une inversion du sens relatif de rotation des com-

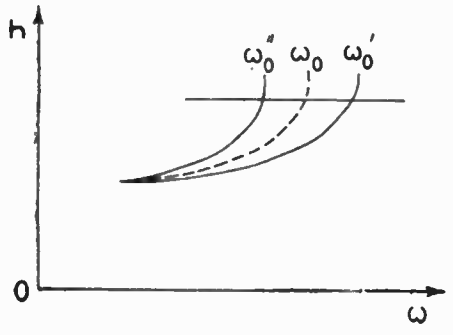


Fig. 12

posantes. Au retour au sol, l'onde qui paraîtra s'être réfléchie plus haut que l'autre et qui reviendra avec un plus grand retard, sera polarisée circulairement (ou elliptiquement) à gauche.

Si nous traçons en fonction de la fréquence les lieux des points de réflexion, c'est-à-dire des points pour lesquels n' et n'' sont nuls, nous obtenons les courbes de la fig. 12. Pour une altitude donnée, c'est-à-dire pour un ω_0 donné on a :

$$\omega_0'' = \sqrt{\omega_0^2 + \left(\frac{\omega_L}{2}\right)^2} - \frac{\omega_L}{2}$$

$$\omega_0' = \sqrt{\omega_0^2 + \left(\frac{\omega_L}{2}\right)^2} + \frac{\omega'_L}{2}$$

On voit que les deux courbes se déduisent l'une de l'autre par une translation de ω_L.

Dans la pratique, on ne se trouve vraiment

dans le cas longitudinal qu'aux pôles magnétiques. Par contre, à l'équateur magnétique, la composante verticale du champ terrestre est nulle ; voyons comment varient dans ce cas les indices de la composante parallèle et de la composante perpendiculaire au champ terrestre de l'onde incidente.

Pour la première, nous avons :

$$n'^2 = 1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2} \qquad (149)$$

Pour la seconde :

$$n''^2 = 1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2\left(1 - \frac{\omega_T^2}{\omega^2 - \omega_0^2}\right)} \qquad (150)$$

Pour la première l'impulsion s'élèvera dans l'ionosphère jusqu'à l'altitude où :

$$\omega_0 = \omega$$

Pour la seconde, l'impulsion s'élèvera jusqu'à l'altitude où

$$\omega'^2_0 = \omega(\omega - \omega_T)$$

Il est visible que la seconde valeur est inférieure à la première. La seconde composante s'élèvera donc moins haut. Si nous traçons les courbes (fig. 13) des lieux où n' et n'' s'annulent, nous obtenons deux courbes se déduisant l'une de l'autre par une translation qui est approximativement de $\frac{\omega_T}{2}$, si

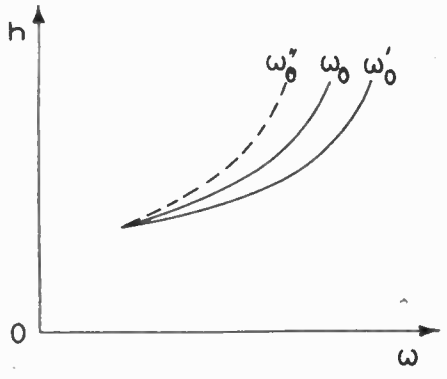


FIG. 13

$\omega_0 \gg \omega_T$, puisque pour un niveau (ou un ω_0 donné) on a

$$\omega'_0 = \sqrt{\omega_0^2 + \left(\frac{\omega_T}{2}\right)^2} + \frac{\omega_T}{2}$$

Cependant, si nous étudions de plus près la variation n''^2 en fonction de ω_0, nous obtenons le tableau suivant :

ω_0	0		$\sqrt{\omega(\omega-\omega_T)}$		$\sqrt{\omega^2-\omega_T^2}$		ω		$\sqrt{\omega(\omega+\omega_T)}$		∞
n''^2	1		0		$-\infty$	$+\infty$	1		0		$-\infty$
Type de propagation	transmission		réflexion électronique		réflexion vitreuse		transmission		réflexion électronique		

En principe, le niveau où $\omega_0^2 = \omega(\omega - \omega_T)$ constitue une barrière et l'onde ne peut monter plus haut, mais si le nombre des chocs est suffisant, la réflexion cesse d'être totale ; une partie de l'énergie peut être transmise et atteindre la région où la transmission devient de nouveau possible jusqu'au niveau où $\omega_0^2 = \omega(\omega + \omega_T)$.

Il peut alors apparaître sur les enregistrements une troisième branche, plus élevée que les deux autres, si toutefois l'absorption n'est pas trop importante.

Nous n'avons pas employé jusqu'ici les termes de « rayon ordinaire » et de « rayon extraordinaire », car nous estimons qu'ils peuvent prêter à confusion. En effet, dans les figures (10) et (11) si les branches de droite, qu'il est d'usage d'attribuer au « rayon extraordinaire », correspondent, dans les deux cas, à ω'_0, les branches les plus à gauche, qu'il est d'usage d'attribuer au rayon ordinaire, correspondent dans le cas longitudinal à ω''_0 et dans le cas transversal à ω_0.

2° En tenant compte de l'influence des chocs.

Nous nous appuierons sur l'important travail de Booker (24) trop long pour être exposé ici, même partiellement, mais dont nous utiliserons les résultats.

Reprenons l'expression générale (128) de l'indice de réfraction :

$$n^2 = 1 - x^2 \frac{u(u-x^2) - \frac{1}{2}(y^2_n + y^2_\perp) + \sqrt{(y^2_n + y^2_\perp)^2 + 4y^2_n(u-x^2)^2}}{u(u^2-x^2) - x^2(u^2-y^2_n)}$$

Remplaçons : y_n, qui est normale au plan d'onde, c'est-à-dire parallèle à la direction de propagation par y_L la lettre L signifiant que cette quantité correspond à la composante dite longitudinale du champ magnétique terrestre ;

$y^2_\perp + y^2_\parallel$ par y^2_T, correspondant à la composante dite transversale du champ magnétique terrestre, et

y^2 par $y^2_T + y^2_L$;

Nous obtenons : (151)

$$n^2 = 1 - x^2 \frac{u(u-x^2) - \frac{1}{2}y^2_L \pm \sqrt{y^4_T + y^2_L(u-x^2)^2}}{(u-x^2)(u^2-y^2_L) - uy^2_T}.$$

Multiplions numérateur et dénominateur de la fraction par le numérateur, après avoir changé le signe devant le radical, puis divisons numérateur et dénominateur par $u - x^2$, il vient :

$$n^2 = 1 - \frac{x^2}{u - \frac{1}{2}\frac{y^2_T}{u-x^2} \mp \sqrt{y^2_L + \left[\frac{1}{2}\frac{y^2_T}{u-x^2}\right]^2}}$$

Nous retrouvons ici la forme obtenue par Appleton et utilisée par Booker.

Ce dernier a traité complètement l'étude de la variation de la partie réelle et de la partie imaginaire de cette fonction par une transposition dans le plan complexe.

Nous pouvons simplifier les calculs par des approximations.

a) *Approximation quasi-transversale*

(153) $$y_L \ll \frac{1}{2}\frac{y_T^2}{|u-x^2|}$$

Nous avons dans ce cas deux solutions : n' et n''. Premièrement

(154) $$n'^2 = 1 - \frac{x^2}{u},$$

solution que nous avons déjà obtenue en l'absence de champ magnétique et qui correspond à une onde dont le vecteur électrique est parallèle à la composante transversale du champ magnétique terrestre ; puis, deuxièmement,

(155) $$n''^2 = 1 - \frac{x^2}{u - \dfrac{y_T^2}{u - x^2}},$$

qui correspond à une onde dont le vecteur électrique est normal à la composante transversale du champ magnétique terrestre.

Considérons n' et remplaçons les paramètres, il vient : (156)

$$n'^2 = 1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2 - j\omega\nu} = 1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2 + \nu^2} - j\frac{\omega_0^2\,\nu}{\omega(\omega^2+\nu^2)}$$

posons

(157) $$n' = p - jq$$

nous aurons

(158) $$p^2 - q^2 = 1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2 + \nu^2}$$

(159) $$2pq = \frac{\omega_0^2\,\nu}{\omega(\omega^2+\nu^2)},$$

De la dernière égalité on tire :

(160) $$q = \frac{1}{2p}\frac{\omega_0^2\,\nu}{\omega(\omega^2+\nu^2)}$$

et la constante d'atténuation est donnée par :

(161) $$\boxed{\alpha'_T = \frac{\omega}{c}q = \frac{1}{p}\frac{\omega_0^2}{2c}\frac{\nu}{\omega^2+\nu^2}}$$

Calculons maintenant n''^2 en remplaçant u par $1 - jz$ et en séparant les parties réelles et imaginaires, il vient : (162)

$$n''^2 = 1 - x^2\frac{(1-x^2)(1-x^2-z^2-y_T^2) + z^2(2-x^2)}{(1-x^2-z^2-y_T^2)^2 + z^2(2-x^2)^2} - jzx^2\frac{(2-x^2)(1-x^2) - (1-x^2-z^2-y_T^2)}{(1-x^2-z^2-y_T)^2 + z^2(2-x^2)^2}$$

Par un calcul similaire à celui effectué ci-dessus on trouve :

(163) $$\alpha''_T = \frac{1}{p}\frac{\omega_0^2}{2c}\frac{\nu\left[(\omega^2-\omega_0^2)^2 + \omega^2(\omega_T^2+\nu^2)\right]}{(\omega^2-\omega_0^2)^2(\omega^2+\nu^2) + \nu^2\omega^4 + (\nu^2+\omega^2{}_T)^2\omega^2 - 2\omega^2\omega^2{}_T(\omega^2-\omega^2{}_0)}$$

2° *Approximation quasi-longitudinale*

(164) $$y_L \gg \frac{1}{2}\frac{y_T^2}{|u-x^2|}.$$

Dans ce cas :

(165) $$n^2 = 1 - \frac{x^2}{u \pm y_L} = 1 - \frac{x^2}{1 \pm y_L - jz},$$

ou (166)

$$n^2 = 1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2}\frac{\omega(\omega \pm \omega_L)}{(\omega \pm \omega_L)^2 + \nu^2} - j\frac{\omega_0^2}{\omega^2}\frac{\nu\omega}{(\omega \pm \omega_L)^2 + \nu^2}$$

Les coefficients d'absorption sont par suite :

(167) $$\alpha'_L = \frac{1}{p}\frac{\omega_0^2}{2c}\frac{\nu}{(\omega - \omega_L)^2 + \nu^2}$$

(168) $$\alpha''_L = \frac{1}{p}\frac{\omega_0^2}{2c}\frac{\nu}{(\omega + \omega_L)^2 + \nu^2}$$

On peut voir que ces expressions sont de la même forme que l'expression (161) en remplaçant ω par $\omega \pm \omega_L$.

Application à l'absorption non sélective.

C'est le cas de la région « D » et d'importantes simplifications peuvent être apportées aux expressions ci-dessus. En effet dans une région non déviative

$$p \doteq 1$$

$$1 - x^2 \doteq 1$$

et si de plus on suppose $\nu \ll \omega$, il vient dans le cas transversal :

$$\alpha'_T = \frac{\omega_0^2}{2c}\frac{\nu}{\omega^2}$$

$$\alpha''_T = \frac{\omega}{2c}\nu\frac{\omega^2+\omega_T^2}{(\omega^2-\omega_T^2)^2}.$$

On voit que la composante transversale au champ terrestre est plus absorbée que la composante parallèle.

Dans le cas longitudinal, en a :

$$\alpha'_L = \frac{\omega_0^2}{2c}\frac{\nu}{(\omega - \omega_L)^2}$$

$$\alpha''_L = \frac{\omega_0^2}{2c}\frac{\nu}{(\omega + \omega_L)^2}$$

On voit facilement que la composante circulaire négative doit être plus absorbée que la composante circulaire positive. Le sens de rotation étant toujours défini par rapport au trièdre fondamental XYZ, où XOY est le plan horizontal et OZ la direction verticale orientée vers le haut. Nous avons signalé que le sens de rotation relatif des vecteurs par rapport à la direction de propagation est inversé par la réflexion. Il faudrait changer le signe devant ω_L lorsqu'on considère l'onde réfléchie, mais si on prend comme nouveau trièdre de référence, le trièdre électromagnétique de l'onde réfléchie, la composante longitudinale du champ magnétique doit aussi être changée de signe, et finalement il y a

lieu de conserver les expressions établies avec le trièdre fondamental comme système d'axes.

Nous insistons tout particulièrement sur ce point car c'est une question où la terminologie est importante. En effet pour l'onde ascendante, la composante circulaire positive polaire, peut être appelée composante « droite » ou « clockwise » : pour l'onde descendante réfléchie, cette composante devient « gauche » ou « anticlockwise », mais elle est à l'aller comme au retour moins absorbée que l'autre composante circulaire. Tout ceci suppose que le champ magnétique terrestre est vertical et dirigé vers le bas, ce qui est le cas au pôle magnétique terrestre Nord.

On aperçoit déjà à quelles difficultés d'interprétation on va se heurter lorsqu'on attaquera les problèmes relatifs à une propagation à incidence oblique. La direction des rayons réfractés dans l'ionosphère fera, en effet, avec le champ magnétique terrestre, un angle qui ne restera pas constant au cours de la propagation et dont la loi de variation dépendra non seulement de l'azimut géographique du plan d'incidence mais encore de la hauteur des régions réfléchissantes et des gradients d'ionisation.

Nous ne ferons qu'indiquer les problèmes posés.

L'absorption ionosphérique dans le cas de l'incidence oblique.

Nous avons vu qu'il était possible de distinguer deux types d'absorption, à savoir :

a) l'absorption non sélective, correspondant à l'effet de la région D sur les ondes courtes :

b) l'absorption sélective dont le siège est la région réfléchissante elle-même.

a) Dans le cas de l'absorption non sélective, si l'on connaît l'absorption à incidence verticale à un instant donné, il est possible d'en déduire l'absorption à incidence oblique en remarquant que la distance parcourue par l'onde dans la région absorbante est proportionnelle à sec *i*, *i* étant l'angle d'incidence sur la couche supérieure réfléchissante. Le champ maximum reçu est évidemment dû à la composante la moins absorbée, on peut donc dire que, pour un seul bond, l'absorption peut être représentée par une fonction de la forme :

$$\alpha = \frac{A \cos^n x \sec i}{(f + f_L)^2}$$

nous rappelons que f_L est la gyrofréquence due à la composante longitudinale du champ magnétique terrestre (la plus importante à incidence verticale dans les région tempérées).

x, est la hauteur zénithale solaire,

n, un coefficient de l'ordre de 1 à 1,5.

i, l'angle d'incidence sur l'ionosphère,

A une constante déterminée empiriquement.

Si la liaison nécessite n bonds entre terre et ionosphère, il faudra évidemment multiplier α par n. Nous verrons dans la seconde partie de cette étude quelles sont les applications pratiques de la formule ci-dessus.

b) L'absorption sélective est beaucoup plus compliquée à étudier. Elle est d'ailleurs inséparable de l'étude des phénomènes de polarisation et la figure 14, empruntée à Booker (24), montre suffisamment la complexité du problème. La figure correspond à une propagation à faible distance dans la direction nord-sud. Au départ de l'onde, le champ magnétique est à peu près complètement longitudinal. Il devient complètement transversal aux points où les rayons sont tangents à la direction normale au champ magnétique. L'onde incidente est au départ scindée en deux composantes elliptiques, l'une gauche marquée G sur la figure, l'autre droite, marquée D. La première devient linéaire au point où $y_L = 0$ puis retourne au sol polarisée elliptiquement à droite. La seconde devient linéaire au point où $y_L = 0$, elle est ensuite elliptique gauche, dans la région où $\omega_0 > \omega$, elle redevient linéaire au niveau où $\omega_0 = \omega$, puis retourne au sol polarisée elliptiquement à droite.

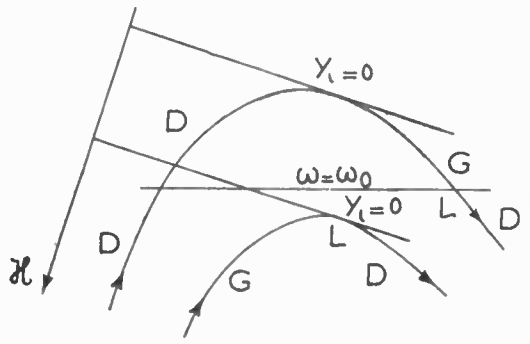


Fig. 14

Il est indispensable de connaitre le chemin exact suivi par les rayons pour calculer l'absorption totale subie, en particulier dans les parties curvilignes des trajectoires.

Plusieurs tentatives d'approche théorique du problème ont été effectuées.

C'est ainsi que Martyn (25) reprenant les formules 58 et 59 établies par Appleton et Booker, à savoir

$$p^2 - q^2 = 1 - \frac{X}{X^2 + Y^2}$$

$$2pq = \frac{Y}{X^2 + Y^2}$$

où

$$X = -\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2, \quad Y = \frac{\omega \nu}{\omega_0^2}$$

en tire :

$$q = \frac{1}{2p} \frac{Y}{X^2 + Y^2}$$

$$p^2 = \frac{1}{2}\left[1 + \frac{X}{X^2+Y^1} + \sqrt{1 + \frac{2X+1}{X^2+Y^2}}\right]$$

Admettant que $2X \gg 1$, on peut considérer $\frac{2X+1}{X^2+Y^2}$ comme un petit nombre et écrire approximativement :

$$p^2 = 1 + \frac{X}{X^2+Y^2} = 1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2 + \nu^2},$$

d'où

$$\alpha = -\frac{1}{p}\frac{\nu}{2c}(1 - p^2).$$

L'absorption à incidence verticale est donc :

$$A = 2\int_{h=o}^{h(p=o)} \alpha\, ds = \int_{o}^{h(p=o)} \frac{\nu(1-p^2)}{c\,p}\, ds.$$

En considérant N comme fonction de h, en posant $\rho^2 = \frac{4\pi e^2}{m}$, $\nu = \nu_0 e^{-h/H}$ (où H est la hauteur d'échelle), puis en négligeant ν devant ω, on obtient l'expression

$$A = \int_{o}^{h(N=\frac{\omega^2}{\rho^2})} \frac{\nu_0 e^{-\frac{h}{H}} \rho^2 N(h)\, dh}{\omega c \sqrt{\omega^2 - \rho^2 N(h)}}.$$

Pour un rayon l'incidence i_0, cette expression peut s'écrire :

$$A = 2\int_{o}^{h(n=\sin i_0)} \alpha\, ds = \cos i_0 \int_{o}^{h N=\frac{\omega^2\cos^2 i_0}{\rho^2}} \frac{\nu_0 e^{-\frac{h}{H}\rho^2 N(h)\, dh}}{c\,\omega\cos i_0 \sqrt{\omega^2\cos^2 i_0 - \rho^2 N(h)}}$$

Par conséquent

$$\left(2\int_{o}^{h(n=\sin i_0)} \alpha\, ds\right)_{\omega, i_0} = \cos i_0 \left(2\int_{o}^{h_0} \alpha\, ds\right)_{\omega\cos i_0, o}$$

Il s'ensuit que d'après ce théorème dit « Théorème de Martyn », il suffit de connaître l'absorption à incidence verticale pour la fréquence $\omega \cos i_0$ pour qu'en la multipliant par $\cos i_0$ on obtienne l'absorption pour l'onde de fréquence ω à l'incidence i_0.

Ces calculs ne sont d'ailleurs valables que dans le cas d'une terre supposée plane, ce qui est une approximation suffisante pour les liaisons à distances moyennes.

Par ailleurs, Appleton et Beynon (26) partant de l'hypothèse d'une répartition de l'ionisation suivant une loi parabolique, et supposant qu'un nombre de chocs moyen peut être adopté pour toute la région déviative, établissent l'expression suivante pour cette absorption :

$$A = \frac{\nu\, y_m}{2c}\cos i\left[\frac{1+u^2}{2u}\operatorname{Log}\frac{1+u}{1-u} - 1\right] \text{ nepers}$$

où

ν, est le nombre moyen des chocs,

y_m, la demi-épaisseur de la région ionisée.

i, l'angle d'incidence du rayon considéré, à son entrée dans l'ionosphère,

$u = \frac{f_0}{f}\sec i$,

f_0, fréquence critique de la région,

c, vitesse de la lumière.

Les courbes relatives à cette fonction montrent que l'absorption croît très vite lorsque la fréquence diminue, et qu'elle est d'autant plus faible que l'angle d'incidence est plus faible.

Une répartition parabolique de l'ionisation ne constitue toutefois qu'une approximation insuffisante car l'absorption peut être importante dans la partie basse de la couche. Or les paraboles adoptées pour représenter la variation de l'ionisation au voisinage du maximum, s'écartent nettement des résultats expérimentaux pour les niveaux inférieurs. La répartition de Chapman est en meilleur accord avec l'expérience, mais l'intégration devient impraticable, aussi J. E. Hacke (27) a-t-il récemment tenté d'obtenir une approximation meilleure à l'aide de deux lois paraboliques pour lesquelles l'intégration est possible.

Seule l'expérience scientifique est susceptible de faire avancer nos connaissances dans ce domaine. Par expérience scientifique nous entendons l'expérience spécialement conduite dans le but de déterminer l'action particulière de tel ou tel facteur, en vue de départager les hypothèses en présence ; car, sous l'empire des circonstances, il s'est créé une autre expérience d'ordre purement pratique.

L'étendue et le développement des radiocommunications ont en effet permis d'accumuler des résultats statistiques tels qu'on a pu en dégager des lois semi-empiriques pratiques. Ce sont ces lois, servant actuellement aux calculs des champs à distance, que nous nous proposons d'exposer dans la seconde partie de cette étude et qui sera ultérieurement publiée.

BIBLIOGRAPHIE

(1) R. P. Lejay. La détermination des fréquences maxima utilisables pour les liaisons radioélectriques. *Onde Electrique*, Avril 1948, p. 129.

(2) A. Haubert. Sur une interprétation de la propagation des ondes électromagnétiques et ses conséquences. *C. R. Acad. Sc.* 222 N° 10, 4 Mars 1946. *N. P. du L. N. R.* N° 82, mars 1946, p. 539-41.

(3) J. Larmor. Comment les ondes peuvent se propager autour de la terre. *Phil. Mag.* 48, 1924, p. 1025.

(4) H. A. Lorentz. Théorie des Electrons. *Leipzig B. C. Teubner.*

(5) G. I. Elias, Etat de nos connaissances sur la couche d'Heaviside ; *E. N. T.*, 2, 1928, p. 351.

(6) H. Lassen. Sur l'ionisation de l'atmosphère et son influence sur la propagation des ondes courtes de T. S. F., *Jahr. der draht. Tel.*, 28, 1926, p. 109-139.

(7) J. Salpeter. Le pouvoir réflecteur d'un gaz ionisé pour des ondes électriques. *Jahr. der draht. Tel.*, 8, 1913, p. 247 ; Phys. 25, 14, 1913, p. 20.

(8) P. Labat. La propagation des ondes électromagnétiques Gauthier-Villars, Paris.

(9) JOUAUST, L'ionosphère. *Edit. de la Revue d'Optique*, Paris.

(10) E. V. APPLETON, Etudes radioélectriques de l'ionosphère, *Journal I. E. E.*, vol. 71, 1932, p. 642.

(11) H. G. BOOKER, Application de la théorie magnétoïonique à l'ionosphère. *Proc. Roy. Soc.* A 150, 1935, p. 267.

(12) E. V. APPLETON. Régularités et anomalies de l'ionosphère. *Proc. Roy. Soc.*, A, vol. 162, Oct. 1937, p. 451.

(13) E. V. APPLETON, *Nature*, vol. 122, 1928, p. 879 ; vol. 135, 1935, p. 618.

(14) F. T. FARMER and J. A. RATCLIFFE. Mesure de l'absorption des ondes radioélectriques dans l'ionosphère. *Proc. Roy. Soc.* A vol. 151, 1935, p. 370-383.

(15) J. W. FINDLAY. Mesure des variations de parcours de phase des ondes radioélectriques dans l'ionosphère. *Nature*, vol. 159, 11 janv. 1947, p. 58.

(16) H. W. NICHOLS and J. O. SHELLENG. Propagation des ondes électriques autour de la terre. *Bell syst. Techn. Journ.*, 4, 1925, p. 215 ; *Jahr der draht. Tel.* 26, 1925, p. 140 ; *Nature* 7 mars 1925.

(17) E. O. HULBURT, La couche d'Heaviside et la propagation des ondes, *Journ. Frank. Inst.* 201, 1926, p. 597.

(18) H. LASSEN, *E. N. T.*, Juillet 1927.

(19) E. V. APPLETON, Proceedins of the Physical Society of London, vol. 37, 1924-1925, p. 22 D.

(20) E. V. APPLETON et M. A. F. BARNETT, Propagation des ondes électromagnétiques, *Electrician* 94, 1925, p. 398.

(21) E. V. APPLETON, Etudes radioélectriques sur l'ionosphère, *Journ. I. E. E.* vol. 71, 1932, p. 642.

(22) B. K. BANERJEA. Sur la propagation des ondes électromagnétiques dans l'atmosphère. *Proc. Roy. Soc.* A 190, 1946, p. 68-81.

(23) K. A. NORTON, Travail non encore publié qui nous a été obligeamment communiqué par l'auteur.

(24) H. G. BOOKER, Some general properties of the formulae of the Magneto-ionic Theory.

(25) D. F. MARTYN, The propagation of medium radio waves in the ionosphère, *Proc. Phys. Soc.* vol. 47, 1935, p. 323.

(26) E. V. APPLETON and W. J. G. BEYNON, Application of Ionosphère Data to Radio Communication Problems Part II *Proc. Phys. Soc.*, 76, 1947, p. 58.

(27) J. E. HACKE, An approach to the approximate solution of the ionosphère absorption Problem. *P. I. R. E.* June 1948, p. 724.

LE GROUPEMENT DES ACOUSTICIENS DE LANGUE FRANÇAISE ET LES " CAHIERS D'ACOUSTIQUE "

PAR

P. CHAVASSE

Etant donné l'intérêt porté par les Membres de la Société des Radioélectriciens aux travaux de la Section d'Etudes " Electro-acoustique " présidée par Monsieur Bedeau, nous tenons à informer nos lecteurs de la création du " Groupement des Acousticiens de Langue Française ".

Monsieur P. Chavasse qui en est le secrétaire général nous donne ci-dessous quelques précisions à ce sujet.

On sait l'attention particulière que les techniciens apportent actuellement à l'acoustique. Avant la guerre, un certain nombre de publications spécialisées permettait de faire de temps à autre le point de nos connaissances dans le domaine des sons et des ultra-sons. On peut citer en particulier : The Journal of the Acoustical Society of America, Die Akùstiche Zeitschrift, Hochfreqùenz und Elektroakùstik, etc... édités en Amérique et en Allemagne. En France, ce rôle avait été dévolu à la Revue d'Acoustique qui paraissait, en principe, tous les deux mois.

En outre, des revues non spécialisées, comme l'Onde Electrique, le Bulletin de la Société Française des Electriciens, les Annales des Postes et Télégraphes, la Revue Générale d'Electricité, le Journal de la Société Française de Physique, acceptaient de présenter quelques notes techniques sur les sujets relatifs à l'acoustique. On retrouvait, d'ailleurs, une situation analogue à l'étranger où certains périodiques relatifs à l'électricité, à la construction ou à la téléphonie, contenaient parfois des articles traitant des problèmes acoustiques. Ces articles avaient souvent fait l'objet de conférences devant des organismes ou sociétés scientifiques comme la Société des Radioélectriciens, la Société Française des Electriciens ou le Conservatoire National des Arts et Métiers. Pour les questions de bâtiment, le Génie Civil offrait également une source de documentation en matière d'acoustique architecturale.

La guerre a, depuis dix ans, pratiquement réduit à peu de choses tous les efforts antérieurs, alors que, par une curieuse antinomie, les questions d'acoustique prenaient une importance de plus en plus marquée dans les divers domaines de la vie ou de l'activité sociale. Nous ne citerons que pour mémoire les problèmes d'insonorisation et d'aménagement acoustique des locaux d'habitation, des salles de travail ou de conférences et les sujets d'acoustique médicale qui se sont considérablement développés. De même, les études relatives aux bruits se sont beaucoup étendues, soit qu'elles aient eu pour objet de les réduire quand ils étaient gênants (moteurs d'avions ou autres), soit qu'elles aient tendu à les conditionner quand ils étaient utiles (au nombre de ceux-ci se classent, par exemple, les sonneries d'appel, les avertisseurs d'automobiles, les sirènes d'alerte, etc...).

D'autre part, la mesure et l'analyse des bruits et des vibrations se généralisent ; elles rentrent dans le domaine de l'électroacoustique où toutes études concernant les appareils de reproduction, d'enregistrement sonore ou de captation des sons ont pris en France, comme à l'étranger, une importance croissante, scientifiquement et socialement. Des progrès, sur lesquels il n'est pas nécessaire d'insister, tellement ils sont apparents, ont été réalisés et nombre de conférences ou de publications ont permis de les faire connaître au grand public, mais elles conservent un caractère de dispersion et d'irrégularité peu favorable à la documentation et au progrès des études. A l'image de ce qui s'est fait ailleurs, et notamment en Amérique, il a donc semblé indispensable de créer un lien entre les techniciens des diverses branches, en associant tous ceux dont le français est le mode naturel ou un mode familier d'expression et d'instaurer des réunions ou conférences périodiques qui leur faciliteraient les échanges de vue et de renseignements. Pour grouper et faire connaître leurs travaux, une publication était à envisager ; il s'agissait de préciser sur quelle base cette dernière pourrait paraître.

En vue de répondre à ces nécessités et d'étudier ce problème, une conférence préliminaire d'information, groupant quelques représentants des diverses disciplines acoustiques a été organisée au Centre National d'Etudes des Télécommunications, en liaison avec divers techniciens et savants étrangers. Elle a conduit à la création du « Groupement des Acousticiens de Langue Française ». Le groupement a pour objet de faciliter les échanges d'informations scientifiques et techniques entre les diverses personnes intéressées à l'acoustique ; il leur permettra de se rencontrer et de se familiariser également avec les parties de cette science qui leurs sont étrangères. La publication de leurs mémoires et des discussions auxquelles ils auront donné lieu, sera d'ailleurs faite, en principe, en français, dans la série des « Cahiers d'Acoustique » ; ces cahiers

seront en fait des tirages à part, classé et répertoriés, d'articles qui auront paru sous une forme distinctive dans les Annales des Télécommunications.

Le Groupement est ouvert aux membres de toutes nationalités ; il a déjà élu son premier bureau :

Monsieur Y. ROCARD : Professeur à l'Ecole Normale Supérieure : Président.

Monsieur F. CANAC : Directeur du Centre de Recherches Scientifiques de Marseille : Vice-Président.

Monsieur P. CHAVASSE : Ingénieur en Chef des P. T. T. : Secrétaire Général.

Monsieur R. LEHMANN : Ingénieur au C.N.E.T. : Secrétaire Adjoint.

Monsieur C. BONHOMET : Inspecteur Principal des P. T. T. : Trésorier.

Le bureau comprend en outre un Comité scientifique chargé d'examiner les travaux présentés et de donner éventuellement quelques directives scientifiques. Il est formé de savants et de techniciens spécialisés dans les diverses branches de l'acoustique. Le G. A. L. F. a son siège et son Secrétariat au Centre National d'Etudes des Télécommunications, 24, rue Bertrand à Paris.

La première réunion plénière a eu lieu le 7 décembre 1948.

Imprimerie Marcel Bon, Vesoul .31.0473 — Dépôt légal : 2e trimestre 1949 — I. nº 25 — E. nº 20 — La Gérante : Mme Chiron